



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MORFOFUNCIONAIS**

CESAR AUGUSTO CORCHUELO CASTRO

**A REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE ANATOMIA DA
ORELHA HUMANA**

**FORTALEZA
2025**

CESAR AUGUSTO CORCHUELO CASTRO

**A REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE ANATOMIA DA
ORELHA HUMANA**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Morfológicas. Área de concentração: Ensino e Divulgação das ciências morfológicas.

Orientador: Prof. Dr. João Erivan Façanha Barreto.

Co-orientador: Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira.

FORTALEZA

2025

CESAR AUGUSTO CORCHUELO CASTRO**A REALIDADE AUMENTADA COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE ANATOMIA DA ORELHA HUMANA**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Morfológicas da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Morfológicas. Área de concentração: Ensino e Divulgação das Ciências Morfológicas.

Aprovada em: _____ / _____ / 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Erivan Façanha Barreto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira (Co-orientador)
Universidade Federal do Ceará-UFC

Profa. Dra. Charlline Vládia Silva De Melo
Instituto Nexos Educação, Cultura, Esporte e Lazer

Profa. Dra. Renata Souza e Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN

Profa. MSc. Raquel Amalia Vélez Tobar
Universidad del Cauca - Unicauca

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Federal do Ceará

Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C815r Corchuelo, César Augusto.

A realidade aumentada como ferramenta no ensino de anatomia da orelha humana /
César Augusto Corchuelo. – 2025.

124 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. João Erivan Façanha Barreto.

Coorientação: Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira.

1. Realidade aumentada. 2. anatomia. 3. orelha. 4. ensino superior. 5. tecnologia
educacional. I. Título.

CDD 611

A Deus.

Aos meus pais, Miguel e Cláudia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão. Pela força nos momentos difíceis, pela luz nos caminhos incertos e por me sustentar com fé e esperança ao longo desta jornada. Sem Sua presença constante, este percurso não teria sido possível.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa – Código de Financiamento 001.

Agradeço, com todo meu carinho e respeito, aos meus pais Miguel Corchuelo e Claudia Castro, por serem meu alicerce. Pelo amor incondicional, pelos conselhos, pela paciência e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidei. Cada conquista minha é, antes de tudo, de vocês.

Aos meus orientadores Prof. Dr. João Erivan Façanha Barreto e Prof. Dr. Gilberto Santos Cerqueira, minha profunda gratidão pela orientação dedicada, pelas trocas de conhecimento e pelo incentivo contínuo à pesquisa e ao pensamento crítico. Este trabalho foi enriquecido por cada contribuição, correção e estímulo vindos de vocês.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Dra. Charlline Vládia Silva De Melo, Profa. Dra. Renata Souza e Silva, e Profa. MSc. Raquel Amalia Vélez Tobar, pelas leituras atentas, pelas valiosas sugestões e pelas contribuições críticas que enriqueceram e qualificaram esta pesquisa. Sua generosidade intelectual foi essencial para o aprimoramento deste trabalho.

Aos amigos e colegas que estiveram presentes nessa caminhada, meu muito obrigado. Pela escuta atenta, pelas palavras de apoio e por compartilharem risos, dúvidas e conquistas. Vocês tornaram essa experiência mais leve e humana.

À coordenadora do programa Profa. Dra. Roberta Jeane Bezerra Jorge, deixo meus sinceros agradecimentos pela atenção, suporte e compromisso com a qualidade da formação de todos nós. Sua atuação fez diferença ao longo do processo.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará, por oferecer a estrutura acadêmica, os recursos, e o ambiente necessário para o desenvolvimento desta pesquisa.

E a você, Gicela, meu mais profundo agradecimento. Pela presença constante, pelo apoio silencioso, pelas palavras nos momentos certos e por transformar os dias difíceis em dias possíveis. Sua companhia, generosidade e carinho foram abrigo e força durante minha estadia no Brasil. Sua luz foi essencial em cada passo deste caminho.

Encerro com gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta etapa fosse concluída. Cada gesto, por menor que pareça, teve grande importância.

Muito obrigado!

RESUMO

O aprendizado da anatomia do órgão auditivo humano apresenta desafios significativos para os estudantes, devido à sua complexidade estrutural e funcional. A compreensão de suas partes internas e de seus mecanismos exige detalhamento e precisão, muitas vezes difíceis de alcançar apenas com métodos tradicionais de ensino. A aplicação de tecnologias como a Realidade Aumentada surge como uma solução inovadora, proporcionando uma experiência imersiva e facilitando a compreensão desse conteúdo. Objetivo: Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um aplicativo educacional com base em tecnologia de Realidade Aumentada (RA) para o ensino do órgão auditivo humano, bem como avaliar sua eficácia pedagógica em comparação com métodos tradicionais de ensino. Metodologia: Os participantes foram solicitados a preencher dois formulários, um questionário socioeconômico, e o formulário de pré-teste com 16 perguntas de múltipla escolha, que foi aplicado antes de receber a aula sobre a anatomia da orelha humana. Depois da aula, foi aplicado o formulário de pós-teste com o objetivo de verificar a apreensão basal do conhecimento de cada participante, junto com entrevistas semiestruturadas para obter informações sobre as percepções qualitativas dos estudantes sobre o uso do aplicativo. Para o processamento estatístico dos dados obtidos, foram aplicados os testes Shapiro-Wilk para comprovar a normalidade e o Testes de Wilcoxon e Kruskal-Wallis para validação de hipótese, com um nível de significância $\alpha = 0,05$ para comparar os resultados do grupo controle e experimental, junto com a técnica de Análise de conteúdo de Bardin para o processamento qualitativo das entrevistas. A pesquisa foi realizada com estudantes de graduação de primer ano dos programas de enfermagem e farmácia ($n=80$) da Universidade Federal do Ceará (UFC), os quais foram divididos em 2 grupos assim: Grupo experimental ($n=38$), e Grupo controle ($n=42$). Resultados: Foi comprovado um efeito positivo significativo tanto no grupo experimental quanto no grupo controle quando comparados com o pré-teste ($p<0.001$). Ao comparar os grupos experimental e controle não foi comprovada uma diferença estatística significativa, tanto para os pré-teste de cada grupo ($p = 0.4593$) quanto o pós-teste de cada grupo ($p = 0.8960$), mostrando que o aplicativo teve a mesma eficácia quando comparado ao método de ensino tradicional. Os participantes destacaram durante as entrevistas que houve maior compreensão espacial das relações anatômicas e um maior engajamento com o uso do aplicativo em comparação com o ensino tradicional, tornando o processo de aprendizado mais claro, inovador, dinâmico e interativo, o que faz que a ferramenta sirva como um complemento importante às aulas práticas e teóricas. Conclusão: Neste estudo foi comprovado que o uso da realidade aumentada permite o aprendizado eficiente da anatomia do órgão auditivo e melhora significativamente o engajamento dos participantes, porém outros estudos precisam ser realizados com outros órgãos do corpo humano e em outras áreas relacionadas à saúde.

Palavras-chave: Realidade aumentada; anatomia; ouvido; orelha, ensino superior; aprendizagem; tecnologia educacional.

ABSTRACT

Learning the anatomy of the human auditory organ presents significant challenges for students due to its structural and functional complexity. Understanding its internal parts and mechanisms requires detail and precision, which is often difficult to achieve with traditional teaching methods alone. The application of technologies such as Augmented Reality emerges as an innovative solution, providing an immersive experience and facilitating the understanding of this content.

Objective: This research aims to develop an educational application based on Augmented Reality (AR) technology for teaching the human auditory organ, as well as to evaluate its pedagogical effectiveness in comparison with traditional teaching methods.

Methodology: Participants were asked to complete two forms, a socioeconomic questionnaire, and the pre-test form with 16 multiple-choice questions, which was administered before receiving the class on the anatomy of the human ear. After the class, the post-test form was administered with the aim of verifying the baseline understanding of each participant's knowledge, along with semi-structured interviews to obtain information on the qualitative perceptions of the students regarding the use of the application. For the statistical processing of the data obtained, the Shapiro-Wilk tests were applied to verify normality and the Wilcoxon and Kruskal-Wallis tests to validate the hypothesis, with a significance level of $\alpha = 0.05$ to compare the results of the control and experimental groups, together with the Bardin content analysis technique for the qualitative processing of the interviews.

The research was carried out with first-year undergraduate students of the nursing and pharmacy programs ($n = 80$) of the Federal University of Ceará (UFC), who were divided into 2 groups as follows: Experimental group ($n = 38$), and Control group ($n = 42$).

Results: A significant positive effect was proven in both the experimental group and the control group when compared to the pre-test ($p < 0.001$). When comparing the experimental and control groups, no statistically significant difference was found, either for the pre-test of each group ($p = 0.4593$) or the post-test of each group ($p = 0.8960$), showing that the application was equally effective when compared to the traditional teaching method. During the interviews, participants highlighted that there was a greater spatial understanding of anatomical relationships and greater engagement with the use of the application compared to traditional teaching, making the learning process clearer, more innovative, dynamic and interactive, which makes the tool serve as an important complement to practical and theoretical classes.

Conclusion: This study demonstrated that the use of augmented reality allows for efficient learning of the anatomy of the auditory organ and significantly improves participant engagement, but further studies need to be carried out with other organs of the human body and in other areas related to health.

Keywords: Augmented reality; anatomy; ear; higher education; learning; educational technology.

Lista de Figuras

Figura 1. Visão geral do órgão auditivo humano.....	18
Figura 2. Pavilhão Auricular.....	19
Figura 3. Cavidade timpânica e ossículos da orelha média.....	20
Figura 4. Orelha interna e os seus componentes.....	21
Figura 5. Primitivas 3D disponíveis no Blender	33
Figura 6. Exemplo de posicionamento das vistas ortogonais.....	37
Figura 7. Modelo 3D do sistema auditivo humano.....	39
Figura 8. Modelagem orelha externa.....	40
Figura 9. Modelagem dos ossículos da orelha média.	41
Figura 10. Modelagem da Orelha Interna.....	42
Figura 11. Fases da análise de conteúdo.....	47
Figura 12. Distribuição da concordância dos participantes do grupo experimental (Enfermagem) aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula com realidade aumentada.	58
Figura 13. Distribuição da concordância dos participantes do grupo controle (Farmácia) aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula tradicional.	59
Figura 14. Distribuição da concordância dos participantes aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula do grupo experimental com realidade aumentada (Enf). Comparada com grupo tradicional (Farm).	63

Lista de Tabelas

Tabela 1. Resumo sociodemográfico dos estudantes participantes	51
Tabela 2. Resumo de análise de normalidade dos dados do pré-teste e pós-teste nos grupos experimental (Enfermagem) e controle (Farmácia).....	56
Tabela 3. Resumo das estatísticas descritivas do número de acertos do pré-teste e pós-teste no grupo experimental (Enfermagem).	60
Tabela 4. Resumo das estatísticas descritivas do número de acertos do pré-teste e pós-teste no grupo controle (Farmácia).....	61
Tabela 5. Resumo das categorias temáticas resultantes da codificação de unidades de registro.....	78
Tabela 6. Comparação entre Resultados Quantitativos e Qualitativos.	86

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA	14
3. OBJETIVOS	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1. Órgão Auditivo Humano	17
4.2. Referenciais teóricos na Educação	21
4.2.1. Experiência e Educação: John Dewey (1938)	21
4.2.2. Teoria do Desenvolvimento Cognitivo: Jean Piaget (1952)	21
4.2.3. O Praticante Reflexivo: Donald Schön (1983)	23
4.2.4. Aprendizagem Experiencial: David Kolb (1984)	23
4.3. Realidade Aumentada	24
4.4. Terminologia de Modelagem 3D	27
4.5. Triangulação de Métodos	28
5. METODOLOGIA	30
5.1 Tipo de Pesquisa	30
5.2 Software	31
5.2.1. Ambientes de Desenvolvimento	31
5.2.2. Construção dos modelos 3D da orelha humana	31
5.3 População e Amostra	36
5.4 Coleta de dados	38
5.5 Análise de dados	40
5.6. Aspectos Éticos	40
6. RESULTADOS	42
6.1 Análise sociodemográfica	42
6.1.1. Faixa Etária	42
6.1.2. Sexo	43
6.1.3. Estado Civil	43
6.1.4. Curso	44

6.1.5. Renda Familiar	44
6.2 Análise Estatística	44
6.2.1. Análise de Normalidade	45
6.2.2. Análise Intragrupos	46
6.2.3. Análise Intergrupos	47
6.3 Análise qualitativa das entrevistas	49
6.3.1. Etapa 1: Pré-análise	49
6.3.2. Etapa 2: Exploração do Material	52
6.3.3. Etapa 3: Tratamento dos Resultados e Interpretação	59
6.4 Observações do pesquisador	62
6.5. Triangulação de Métodos	63
7. DISCUSSÃO	66
7.1. Análise Sociodemográfica	66
7.2. Análise Quantitativa	69
7.3. Análise Qualitativa	72
7.4. Limitações do Estudo	73
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
9. REFERÊNCIAS	77
10. APÊNDICES	85

1. INTRODUÇÃO

O estudo do órgão auditivo humano é altamente complexo, principalmente devido ao seu pequeno tamanho e à sua complexidade anatômica e funcional (Anschuetz *et al.*, 2018; Marchioni *et al.*, 2010; Shin *et al.*, 2023). Seu conhecimento anatômico é relevante tanto para os médicos (Anschuetz *et al.*, 2018), quanto para estudantes que incluem um curso básico de anatomia em seu currículo (Gnanasegaram *et al.*, 2020), como também para cirurgiões, otorrinolaringologista, e otologistas que requerem de um estudo detalhado para procedimentos cirúrgicos e tratamentos (Javia & Deutsch, 2012).

Na escala mundial mais de 1,5 bilhões de pessoas sofrem de algum grau de perda auditiva, e cerca de 430 milhões dessas pessoas têm perda auditiva moderada ou maior. Na Região das Américas cerca de 217 milhões de pessoas vivem com perda auditiva, o que representa 21,52% da população (OMS, 2020) e para o 2050 espera-se que essa cifra alcance os 322 milhões de pessoas, visto que a maioria das pessoas com perda auditiva não tem acesso a intervenções cirúrgicas ou tratamentos para melhorar a sua saúde auditiva. Isto representa um custo social anual de 262 milhões de dólares no continente (OMS, 2020). Torna-se necessário contribuir no aprimoramento da formação acadêmica de otorrinolaringologista e profissionais relacionados para contribuir na solução desse problema.

A conferência educacional e dissecção cadavérica, são as ferramentas de estudo tradicionais para o aprendizado da anatomia (Gnanasegaram *et al.*, 2020). Para complementar as práticas no anfiteatro, o estudo anatômico é realizado por meio de ferramentas visuais, como fotografias (câmeras digitais e microscópios), maquetes, ilustrações, e em alguns casos, desenhos improvisados pelo mesmo professor durante o curso (Baniasadi *et al.*, 2020).

Porém, os recursos atuais não resolvem totalmente as necessidades dos estudantes, que apresentam dificuldades como a compreensão das relações anatômicas em três dimensões (Gnanasegaram *et al.*, 2020), além do risco biológico ao interagir com cadáveres, dado que é muito frequente que ocorram acidentes de cortes e perfurações, gerando também o desgaste das peças

cadavéricas devido ao manuseio constante, o que deteriora a experiência de aprendizagem (McQuillan, 2019).

Em relação ao campo pedagógico, pedagogia e a formação, acrescentam-se outros problemas típicos do ato de ensinar desde as diferentes perspectivas de cada um dos fatores envolvidos: os sujeitos participantes (o professor, seus alunos, casos possíveis), bem como os ambientes e o contexto de aprendizagem (Castillo *et al.*, 2020). Fica evidente a carência de ferramentas que apoiem os processos de ensino e aprendizagem da anatomia do órgão auditivo humano, dado seu importante papel no funcionamento do corpo, sendo responsável pela percepção sonora e o equilíbrio (French *et al.*, 2020). Para melhorar a dinâmica de ensino e aprendizagem, é necessário contar com ferramentas que promovam o aprendizado ativo e reflexivo sobre a anatomia do órgão auditivo humano.

Os aplicativos baseados em Realidade Aumentada podem fornecer uma experiência mais imersiva e interativa para o aprendizado da anatomia em um ambiente tridimensional, em comparação com métodos bidimensionais existentes, especialmente nos modelos anatômicos do órgão auditivo humano, permitindo uma visualização mais precisa das suas características estruturais em três dimensões (Ammanuel *et al.*, 2019). Além disso, a tecnologia de Realidade Aumentada pode permitir que os usuários interajam com o modelo 3D, permitindo uma exploração mais dinâmica, evitando riscos biológicos e outros acidentes. Também pode contribuir para gerar reflexões que originem outras investigações, como no caso das patologias, o que torna esta tecnologia uma ferramenta valiosa para os profissionais médicos que estudam sua estrutura e função (Chao *et al.*, 2021).

A fim de contribuir para a melhoria do ensino e aprendizagem da anatomia do órgão auditivo humano, esta pesquisa visa avaliar o potencial educativo de uma ferramenta baseada em Realidade Aumentada (RA) no aprimoramento da aprendizagem sobre a anatomia do órgão auditivo humano

2. JUSTIFICATIVA

A compreensão detalhada da anatomia e da fisiologia da orelha é de grande importância para a medicina e áreas relacionadas (Anschuetz *et al.*, 2018), seu entendimento profundo possibilita o desenvolvimento de tratamentos e tecnologias voltados para a correção ou mitigação de distúrbios auditivos, como próteses auditivas e implantes cocleares (Tefili *et al.*, 2013), porém a falta de ferramentas de ensino torna difícil para estudantes e profissionais médicos obter uma compreensão abrangente da anatomia e fisiologia do órgão auditivo humano.

Além disso, as condições para o estudo da anatomia da orelha num ambiente real são difíceis, sendo necessária a magnificação microscópica ou endoscópica devido ao seu tamanho reduzido e difícil acesso, somado ao risco biológico associado ao estudo em ambiente cadavérico (Anschuetz *et al.*, 2018). As baixas taxas de doação do órgão em bom estado e a difícil preservação das suas pequenas e frágiles estruturas (Almeida *et al.*, 2021), dificulta a disponibilidade de material biológico para que todos os estudantes tenham acesso para estudar livremente.

Para superar a falta de material biológico e de ferramentas de ensino, os especialistas na área têm materiais publicados ou online que ilustram, explicam e discutem a anatomia do órgão auditivo humano. Essas ferramentas podem ajudar os profissionais médicos e estudantes a entender parcialmente suas complexas interações com outras estruturas, mas muitas vezes podem ser limitadas (Tadayon *et al.*, 2020).

Os aplicativos disponíveis para o estudo da anatomia apresentam diversas dificuldades. Estes incluem disponibilidade, usabilidade e acesso. Em relação a este último, o custo de aquisição de licenças para uso acadêmico varia de USD\$3.000 a USD\$70.000 por ano. Além disso, os aplicativos desenvolvidos são de código fechado; isto implica pouca flexibilidade com relação às exigências das diferentes práticas e o conteúdo que os docentes orientam, pelo que é

necessário desenvolver um aplicativo que tenha em conta as funcionalidades e exigências particulares do contexto.

Demonstrou-se que os efeitos da utilização da realidade aumentada como ferramenta de apoio na educação médica são satisfatórios, pois permite que alunos e residentes explorem de forma livre e autônoma diversos órgãos do corpo humano, evitando riscos biológicos e acidentes, além de também gerar experiências lúdicas de aprendizagem baseadas em desafios, que motivam os alunos e prendem mais facilmente sua atenção e concentração, permitindo que eles relacionem novos conhecimentos com mais fluidez com conhecimentos já adquiridos (Ousey, 2010; Ratliff *et al.*, 2012; Rizzetto *et al.*, 2020).

Embora o uso da realidade aumentada seja um bom complemento, tanto para o aprendizado da anatomia quanto para fins de avaliação, não deve constituir um elemento isolado, mas sim determinar alternativas de interação curricular que facilitem o alcance dos objetivos de aprendizagem superando os riscos atuais e dificuldades (Sultan *et al.*, 2019). A interação direta do aluno com o professor, bem como as práticas com material biológico real são de elevada importância e constituem uma experiência essencial que não se pretende substituir, mas sim aproveitar melhor o suporte da realidade aumentada e das tecnologias atualmente disponíveis (Winkler-Schwartz *et al.*, 2019).

A fim de contribuir para a melhoria do ensino e aprendizagem da anatomia do órgão auditivo humano, esta pesquisa visa desenvolver um aplicativo de realidade aumentada para o seu estudo, e investigar como o uso desta tecnologia influencia nos processos de aprendizagem.

Do exposto surge a seguinte questão de pesquisa: Qual o potencial educativo do estudo do órgão auditivo humano a partir de uma ferramenta de realidade aumentada? Temos como hipótese que a utilização de Realidade Aumentada melhora significativamente o desempenho dos alunos no aprendizado da anatomia do órgão auditivo humano em comparação com métodos tradicionais. Dessa forma, temos como objetivo de estudo avaliar o potencial educativo de uma ferramenta baseada em Realidade Aumentada (RA) no aprimoramento da aprendizagem sobre a anatomia do órgão auditivo humano.

3. OBJETIVOS

Geral

- Avaliar o potencial educativo de uma ferramenta baseada em Realidade Aumentada (RA) no aprimoramento da aprendizagem sobre a anatomia do órgão auditivo humano.

Específicos

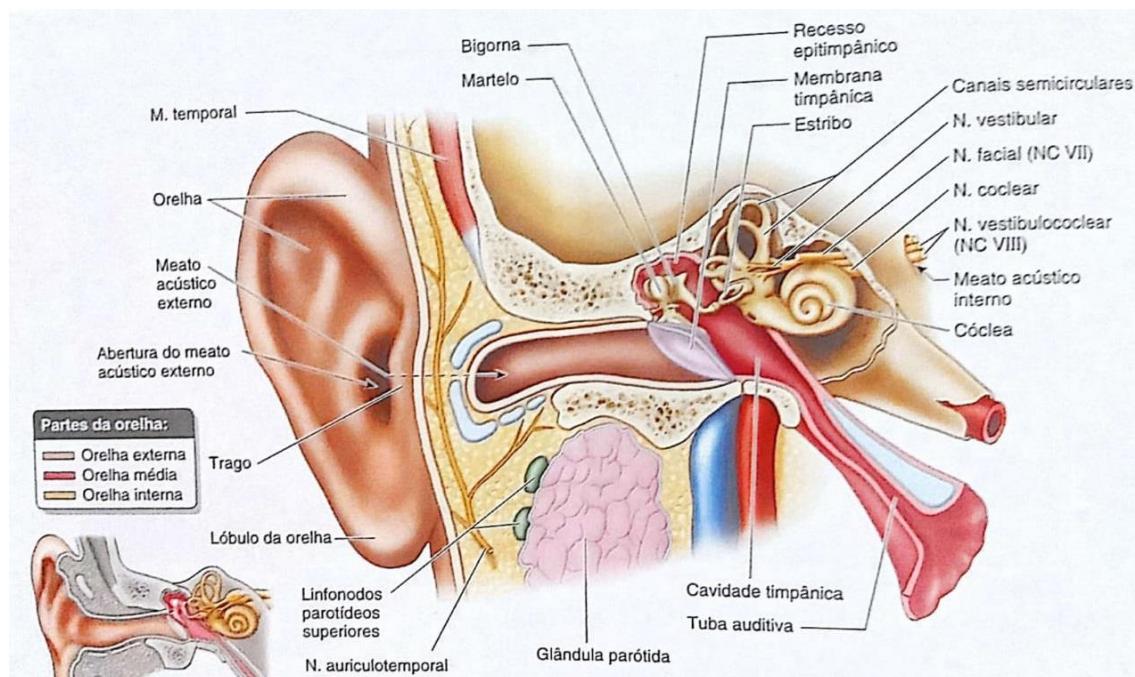
- Construir os componentes tridimensionais do órgão auditivo humano, abrangendo as estruturas da orelha externa, média e interna.
- Desenvolver um aplicativo educacional com base em Realidade Aumentada (RA) que possibilite a visualização, exploração e interação com os modelos 3D do sistema auditivo.
- Verificar o desempenho dos estudantes na aprendizagem da anatomia do órgão auditivo humano antes e após a utilização do aplicativo em ambiente de aula.
- Avaliar a experiência do usuário com o aplicativo por meio de análise de conteúdo, considerando aspectos de usabilidade e impacto no processo de aprendizagem.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Fundamentos da Anatomia do Órgão Auditivo Humano

A orelha humana é um órgão sensorial de extrema complexidade, responsável por funções essenciais como a audição e o equilíbrio, sendo dividida em três partes principais: a orelha externa, a orelha média e a orelha interna (Helwany *et al.*, 2020). Cada uma dessas regiões possui estruturas especializadas que trabalham em conjunto para captar, transmitir e processar as ondas sonoras, além de manter o equilíbrio postural e a orientação espacial (Sánchez *et al.*, 2019). O estudo aprofundado da anatomia da orelha é fundamental em áreas como a medicina, a fonoaudiologia e as ciências biológicas, pois os mecanismos envolvidos na audição e no equilíbrio são cruciais para

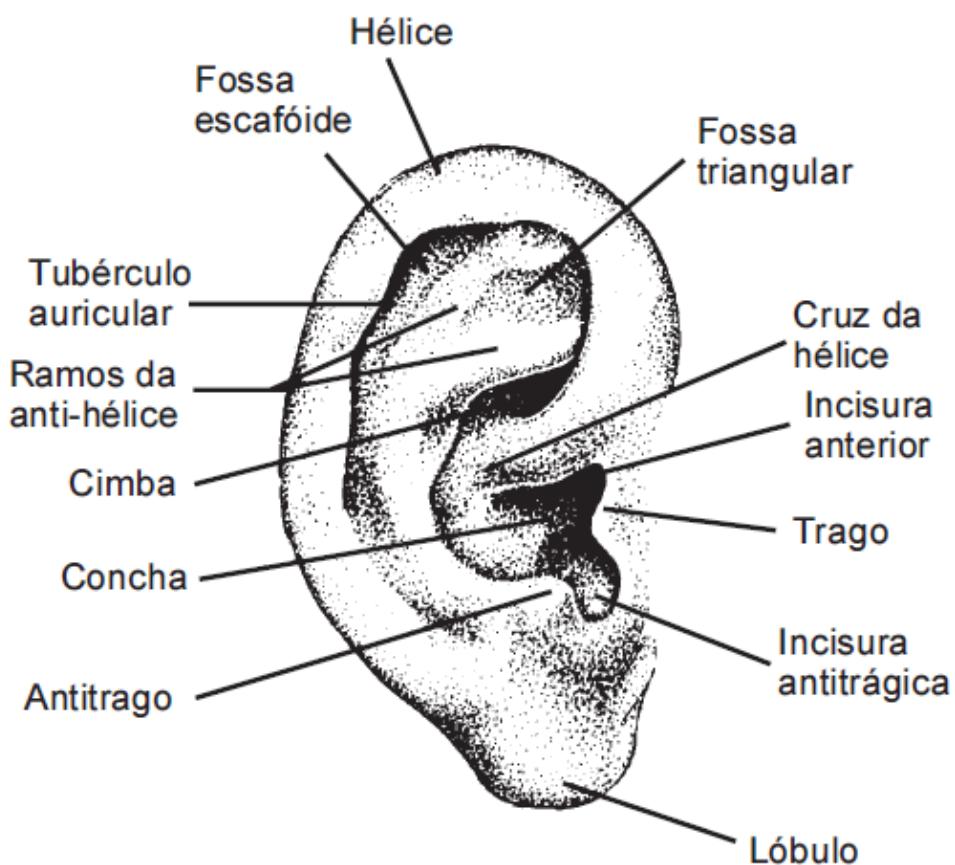
Figura 1. Visão geral do órgão auditivo humano.



Fonte: Anatomia Orientada para a Clínica - (Moore, 2018)

A orelha externa é a parte mais superficial do sistema auditivo e inclui duas estruturas principais: o pavilhão auricular (ou orelha) e o canal auditivo externo, como pode se observar na Figura 1. O pavilhão auricular tem uma forma anatômica que facilita a captação das ondas sonoras, direcionando-as para o interior do canal auditivo, como pode se observar na Figura 2. Essa estrutura é essencial para localizar a origem dos sons no ambiente, já que sua conformação geométrica permite a detecção de diferenças sutis na chegada do som às duas orelhas. O canal auditivo externo conduz as ondas sonoras até a membrana timpânica, ou tímpano, uma fina membrana que separa a orelha externa da orelha média. O canal também desempenha uma função protetora, através da secreção de cerume, que ajuda a impedir a entrada de partículas e organismos nocivos no sistema auditivo (Chokkappan, 2021).

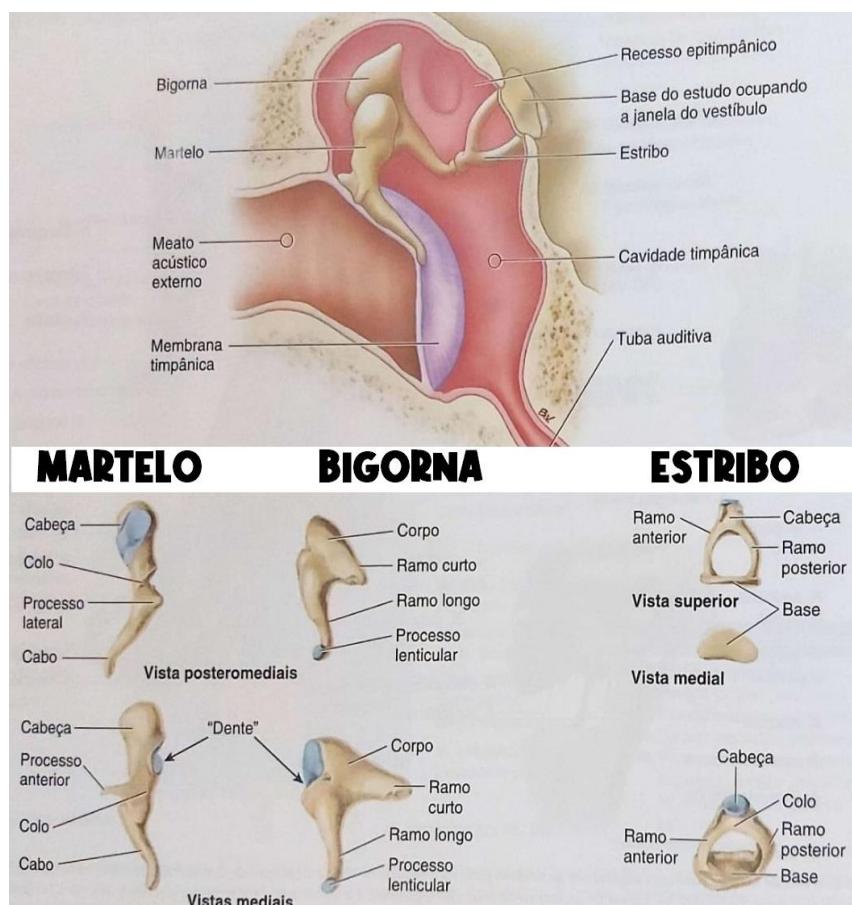
Figura 2. Pavilhão Auricular



Fonte: Anatomia da orelha - Zorzetto, 2006.

O tímpano é uma estrutura extremamente sensível que responde às variações de pressão sonora, vibrando em resposta às ondas sonoras captadas pelo pavilhão auricular e transmitidas pelo canal auditivo. Essas vibrações mecânicas são então transmitidas para a orelha média, onde ocorre um processo de amplificação sonora. A orelha média é composta por três pequenos ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo, que juntos formam a cadeia ossicular. Quando o tímpano vibra, ele movimenta o martelo, que está em contato direto com a membrana timpânica como pode se observar na Figura 3. O martelo, por sua vez, transfere a energia mecânica para a bigorna, e esta, para o estribo, que está em contato com a janela oval da orelha interna. Esse sistema de alavancas é extremamente eficiente em amplificar o som, garantindo que as vibrações sonoras sejam suficientemente fortes para serem detectadas pela orelha interna (Oguz *et al.*, 2025).

Figura 3. Cavidade timpânica e ossículos da orelha média.



Fonte: Anatomia Orientada para a Clínica - (Moore, 2018)

A orelha média também desempenha uma função crítica no equilíbrio da pressão entre o ambiente externo e a orelha interna. Essa função é realizada pela tuba auditiva, ou trompa de Eustáquio, que conecta a orelha média à nasofaringe. A tuba auditiva é responsável por equalizar a pressão de ar em ambos os lados do tímpano, o que é essencial para a transmissão adequada do som. Em situações de mudança rápida de altitude, como em voos de avião, essa função se torna particularmente evidente, pois a diferença de pressão entre a orelha média e o ambiente pode causar desconforto ou dor se não for adequadamente compensada (Baro *et al.*, 2025).

A orelha interna, ou labirinto, é a parte mais complexa do sistema auditivo e é composta por duas estruturas principais: a cóclea, responsável pela audição, e o sistema vestibular, responsável pelo equilíbrio. A cóclea é uma estrutura em forma de espiral que contém fluido e milhares de células sensoriais especializadas chamadas células ciliadas, como pode se observar na Figura 4.

Figura 4. Orelha interna e os seus componentes.



Fonte: Bruce Blaus, Blausen.com staff (2014).

. À medida que as vibrações sonoras alcançam a janela oval, elas criam ondas no fluido dentro da cóclea, o que faz com que as células ciliadas se movam. Essas células transformam as vibrações mecânicas em impulsos elétricos, que são enviados ao cérebro através do nervo auditivo, onde são interpretados como sons. A cóclea é capaz de diferenciar entre frequências sonoras diferentes devido à disposição das células ciliadas ao longo de sua extensão, com as células na base da cóclea respondendo a sons de alta frequência e as células no ápice da cóclea respondendo a sons de baixa frequência (Mu *et al.*, 2021).

Além da audição, a orelha interna é também responsável pela manutenção do equilíbrio, por meio do sistema vestibular. Esse sistema é composto por três canais semicirculares, que detectam movimentos rotacionais da cabeça, e pelas estruturas denominadas utrículo e sáculo, que detectam a aceleração linear e a posição estática da cabeça. As informações captadas pelos receptores sensoriais do sistema vestibular são transmitidas ao cérebro, que processa esses sinais em conjunto com informações visuais e proprioceptivas para manter o equilíbrio e a coordenação corporal. O funcionamento adequado do sistema vestibular é essencial para a orientação espacial e para a prevenção de quedas e tonturas (Rabbimovna *et al.*, 2024).

4.2. Referenciais teóricos na Educação

4.2.1. Experiência e Educação: John Dewey (1938)

Na obra *Experience and Education*, publicada em 1938, John Dewey apresenta uma crítica à dicotomia entre a educação tradicional e a educação progressista, defendendo que ambas possuem limitações quando adotadas de forma extrema ou dogmática. Dewey não propõe o abandono da tradição em favor de uma ruptura total, mas uma reconstrução da experiência educacional, ancorada em princípios filosóficos sólidos. O ponto central da obra é a defesa da experiência como base do processo educativo. Para Dewey, nem toda experiência é por si só educativa, algumas podem ser desestruturantes ou

impedir o crescimento do aprendiz. Assim, ele propõe dois critérios fundamentais para avaliar a qualidade de uma experiência educacional:

1. Continuidade: a experiência atual deve se conectar com experiências anteriores e preparar o indivíduo para experiências futuras;
2. Interação: a experiência deve emergir da relação dinâmica entre o sujeito e o ambiente, sendo significativa para o contexto de vida do estudante.

A educação, para Dewey, deve favorecer o desenvolvimento da inteligência reflexiva, da autonomia moral e da capacidade de resolver problemas reais, superando a mera memorização de conteúdos. Ele critica a educação tradicional por ser centrada na autoridade do professor e no acúmulo de informações desconectadas da realidade do aluno. Por outro lado, também alerta para os riscos de uma pedagogia progressista mal orientada, que confunde liberdade com ausência de estrutura ou objetivos educacionais claros.

Dewey propõe, então, uma pedagogia da experiência, em que o educador atua como organizador de ambientes que estimulem a investigação, o pensamento crítico e a participação ativa do estudante. O currículo deve ser flexível, centrado no interesse dos alunos, mas estruturado de forma a garantir a progressão intelectual e moral. A aprendizagem significativa ocorre quando há envolvimento, propósito e reflexão.

4.2.2. Construtivismo e equilibração cognitiva: Jean Piaget (1952)

O construtivismo, conforme formulado por Jean Piaget, constitui um dos pilares teóricos fundamentais para a compreensão dos processos de desenvolvimento e aprendizagem. Em sua epistemologia genética, Piaget propõe que o conhecimento não é algo pré-formado ou passivamente recebido, mas resulta de um processo ativo de construção mental, no qual o sujeito interage com o meio físico e social, reorganizando progressivamente suas estruturas cognitivas.

Nesse modelo teórico, o processo de aprendizagem está intrinsecamente vinculado ao desenvolvimento cognitivo, que se dá por meio da constante

adaptação do sujeito ao seu ambiente. Essa adaptação é mediada por dois mecanismos fundamentais: a assimilação e a acomodação. A assimilação refere-se à incorporação de novas experiências ou informações a esquemas mentais preexistentes, enquanto a acomodação implica a modificação desses esquemas diante de dados que não se ajustam ao que já foi internalizado. A interação entre esses dois processos dá origem ao que Piaget denominou de equilíbrio cognitivo, um mecanismo autorregulador responsável pela progressiva construção do conhecimento e pela transição entre diferentes estágios do desenvolvimento intelectual.

A equilíbrio representa, portanto, o princípio organizador do desenvolvimento cognitivo, sendo por meio dela que o sujeito supera contradições e conflitos cognitivos, alcançando níveis mais sofisticados de compreensão e raciocínio. Esse processo é cumulativo e evolutivo, ocorrendo de forma contínua ao longo dos estágios piagetianos, cada qual caracterizado por formas distintas de pensamento e operações mentais.

Do ponto de vista pedagógico, o construtivismo piagetiano desloca o foco da aprendizagem do ensino centrado no professor para um modelo em que o aluno é o agente ativo na construção do saber. Assim, é papel da prática educativa criar situações didáticas que provoquem desequilíbrios cognitivos produtivos, incentivando a investigação, a experimentação e a resolução de problemas. Essa perspectiva reforça a necessidade de metodologias que favoreçam a autonomia intelectual, a descoberta e a reconstrução contínua do conhecimento, respeitando o estágio de desenvolvimento do aprendiz.

Dessa forma, a teoria de Piaget sustenta que o processo educativo efetivo deve promover ambientes de aprendizagem desafiadores, nos quais o estudante possa interagir com objetos, ideias e fenômenos de forma ativa, permitindo-lhe reorganizar suas estruturas cognitivas e atingir novos patamares de compreensão. Essa visão construtivista da aprendizagem tem sido amplamente incorporada por abordagens educacionais contemporâneas, especialmente aquelas que valorizam a aprendizagem por investigação, a resolução de problemas e o uso de tecnologias interativas, como a realidade aumentada.

4.2.3. O Praticante Reflexivo: Donald Schön (1983)

Na obra *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action* (1983), Donald A. Schön propõe uma abordagem inovadora sobre o desenvolvimento profissional e a aprendizagem na prática. Ele critica a visão tradicional que separa teoria e prática, argumentando que o conhecimento aplicado no cotidiano das profissões não se limita a técnicas padronizadas nem à aplicação direta de teorias acadêmicas. Em vez disso, Schön defende que profissionais experientes desenvolvem um tipo de saber próprio, construído pela ação, que ele denomina conhecimento na ação (*knowledge-in-action*).

O conceito central da obra é o de prática reflexiva (*reflective practice*), que descreve a capacidade do profissional de refletir sobre sua própria atuação enquanto ela ocorre (*reflection-in-action*) e após sua realização (*reflection-on-action*). A reflexão na ação permite ajustes imediatos e criativos diante de situações complexas ou imprevistas, enquanto a reflexão sobre a ação favorece o aprendizado retrospectivo e a melhoria contínua da prática.

Schön argumenta que os problemas enfrentados na prática profissional, são muitas vezes do tipo indeterminado, instável e único, exigindo julgamento sensível, improvisação e capacidade de interpretação. Isso desafia o modelo técnico-racional tradicional, que pressupõe a aplicação objetiva de teorias fixas. Em contraste, o profissional reflexivo atua em contextos de incerteza, complexidade e ambiguidade, utilizando sua experiência e julgamento para encontrar soluções pertinentes e situadas.

No campo da educação, a proposta de Schön tem implicações diretas. Ele defende que a formação docente e profissional deve ir além da simples transmissão de conteúdos teóricos e incluir momentos de experimentação, análise crítica da prática, reconstrução de experiências e desenvolvimento da autonomia reflexiva. O professor, assim como o aluno, deve ser um praticante reflexivo, capaz de aprender com suas próprias ações e ajustar suas intervenções com base no contexto.

4.2.4. Aprendizagem Experiencial: David Kolb (1984)

A aprendizagem experiencial é uma abordagem que entende o conhecimento como algo construído a partir da vivência ativa do sujeito em

situações concretas, que são posteriormente refletidas, compreendidas e reaplicadas em novos contextos. Essa concepção foi sistematizada por David Kolb, em sua obra *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development* (1984), e se consolidou como um dos principais referenciais para práticas educacionais voltadas ao desenvolvimento de competências significativas.

Segundo Kolb, a aprendizagem não é um processo linear ou passivo, mas cílico e dinâmico, envolvendo a transformação contínua da experiência. Ele propõe um modelo em quatro estágios, conhecido como Ciclo de Aprendizagem Experiencial, composto por:

1. Experiência concreta: o aprendiz entra em contato direto com uma situação nova, prática ou real, que desperta a atenção e a ação.
2. Observação reflexiva: após a vivência, o sujeito reflete sobre a experiência, analisando o que aconteceu, como se sentiu e o que percebeu.
3. Conceituação abstrata: a partir da reflexão, o aprendiz constrói generalizações e conceitos, conectando a experiência com teorias, modelos ou explicações sistematizadas.
4. Experimentação ativa: com base no que foi aprendido, o sujeito aplica esse conhecimento em novas situações, testando hipóteses ou enfrentando novos desafios, o que gera uma nova experiência e reinicia o ciclo.

Esse modelo valoriza a ação intencional e a reflexão crítica, pilares fundamentais para que a aprendizagem seja significativa. A ideia central é que a experiência por si só não ensina, mas que o aprendizado ocorre ao refletir e agir sobre a experiência. Por isso, Kolb se opõe a métodos baseados apenas na exposição oral ou leitura passiva, defendendo práticas que envolvam o estudante de forma ativa e contextualizada.

Figura 5. Ciclo da aprendizagem experiencial do Kolb (1984)



Fonte: Manual do mentor 3º. ano EM - Eduqhub (2023)

No campo educacional, a aprendizagem experiencial se relaciona com metodologias como aprendizagem baseada em problemas (ABP), estudos de caso, projetos interdisciplinares, simulações clínicas, uso de realidade aumentada e outros recursos que demandam participação ativa do estudante, tomada de decisão, análise crítica e aplicação prática do conhecimento.

Ao adotar essa abordagem, o papel do professor muda: ele deixa de ser o detentor do saber e passa a atuar como facilitador e mediador do processo, promovendo situações ricas de aprendizagem e encorajando os estudantes a explorarem, refletirem e construírem sentido a partir da própria prática.

Além disso, Kolb (1984) destaca que diferentes pessoas aprendem de formas distintas, e propõe quatro estilos de aprendizagem derivados da combinação entre os quatro estágios do ciclo: Convergente (abstrato + ativo), Divergente (concreto + reflexivo), Assimilador (abstrato + reflexivo), e Acomodador (concreto + ativo). Esse entendimento permite que educadores adaptem suas estratégias a diferentes perfis de aprendizes, tornando o processo mais inclusivo e eficaz.

4.3. Realidade Aumentada

Na última década, a tecnologia de realidade estendida: um espectro que inclui realidade virtual, realidade mista e realidade aumentada, teve um grande desenvolvimento e tem um futuro promissor em diferentes áreas do conhecimento (Milgram *et al.*, 1994). Essas tecnologias oferecem diversas vantagens, pois permitem que o acesso à informação seja mais imediato e a simulação de testes mais detalhada, o que contribui para melhorar as experiências de ensino e aprendizagem. Por ser uma tecnologia inovadora, permite o desenvolvimento de novas metodologias de pesquisa e desenvolvimento dentro das universidades e diversifica as alternativas de aprendizagem; aumenta a colaboração entre alunos, professores, grupos de pesquisa e redes, gerando alternativas para a gestão do conhecimento nessa área.

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia emergente que vem ganhando cada vez mais relevância em diversas áreas do conhecimento, proporcionando novas formas de interação entre o mundo físico e o digital. Essa tecnologia permite a integração de elementos virtuais tridimensionais no ambiente físico em tempo real, criando uma experiência imersiva e interativa para o usuário (Gómez *et al.*, 2020; Stefan *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2017). A RA utiliza dispositivos como smartphones, tablets, óculos de realidade aumentada e outros dispositivos móveis para sobrepor imagens, sons e outras informações digitais no ambiente real, oferecendo uma percepção enriquecida do mundo ao nosso redor (Chen *et al.*, 2017). Embora inicialmente popularizada no campo do entretenimento e dos jogos, a RA tem demonstrado seu potencial transformador em áreas como educação, medicina, arquitetura, engenharia e marketing, entre outras (Avila-Garzon *et al.*, 2020).

No campo da educação, o uso da RA tem se expandido rapidamente, em 2020 durante a pandemia de COVID-19, com a migração massiva de estudantes para o ensino remoto, a tecnologia tornou-se uma ferramenta poderosa para manter o engajamento e melhorar a compreensão de conteúdos complexos (Betancur & Monroy *et al.*, 2021). Um exemplo significativo foi a iniciativa da

Microsoft com a sua plataforma HoloLens, que permitiu que instituições de ensino utilizassem a RA em disciplinas de ciências, oferecendo experiências imersivas em áreas como biologia, química e física. Alunos puderam visualizar o corpo humano em 3D, observar interações moleculares e explorar estruturas atômicas em detalhes, sem a necessidade de estarem fisicamente presentes em laboratórios ou salas de aula tradicionais (Sadek *et al.*, 2023).

Outro caso é o uso da RA no setor médico, em 2021 o Imperial College de Londres implementou a RA para auxiliar em cirurgias complexas, projetando imagens de órgãos e estruturas anatômicas diretamente no campo de visão dos cirurgiões (Amiras *et al.*, 2021). Com isso, os médicos puderam realizar operações com maior precisão, tendo informações detalhadas em tempo real sobre os pacientes. A RA não apenas melhora a prática cirúrgica, mas também facilita o treinamento de novos profissionais de saúde, possibilitando a simulação de procedimentos médicos em ambientes controlados, sem os riscos associados à prática em pacientes reais.

A indústria também tem aproveitado o potencial da RA. Grandes empresas como a Boeing e a Ford estão utilizando a tecnologia para melhorar a eficiência na fabricação de produtos e reduzir erros. Em 2022, a Boeing relatou uma redução de até 25% no tempo necessário para montagem de cabines de aeronaves ao utilizar óculos de RA para instruir os trabalhadores em tempo real, sobrepondo instruções e informações diretamente nas peças e áreas de montagem (Fang *et al.*, 2023). Esse tipo de aplicação otimiza o processo produtivo, melhora a qualidade e reduz o retrabalho, o que impacta diretamente a competitividade e os custos operacionais.

Na construção civil, a RA tem desempenhado um papel importante na visualização de projetos. Em 2023, a empresa de arquitetura Zaha Hadid Architects anunciou o uso de RA para apresentar modelos de novos edifícios em tempo real aos seus clientes. Por meio dessa tecnologia, clientes puderam visualizar como um edifício planejado se integraria ao ambiente urbano e fazer ajustes necessários ainda na fase de planejamento, eliminando surpresas ou alterações dispendiosas durante a construção (Martinelli *et al.*, 2024). Essa inovação na área de arquitetura e urbanismo demonstra o quanto a RA pode ser uma aliada na melhoria da comunicação entre profissionais e clientes, além de

promover uma melhor compreensão dos projetos antes mesmo de sua execução.

Além dos campos mencionados, a Realidade Aumentada também está transformando a forma como interagimos com a arte e a cultura. Em 2022, o Museu do Louvre, em Paris, lançou uma experiência de RA que permitia aos visitantes interagir com obras famosas, como a "Mona Lisa", de forma inovadora. Por meio de seus dispositivos móveis, os visitantes podiam observar detalhes invisíveis a olho nu, aprender mais sobre a história das pinturas e até mesmo visualizar como as obras poderiam ter sido modificadas ao longo do tempo. A RA, nesse contexto, contribui para uma maior democratização do acesso à cultura, proporcionando uma experiência educativa mais rica e interativa (Khalil *et al.*, 2023).

Esses avanços são possíveis graças ao contínuo desenvolvimento tecnológico e à maior acessibilidade de dispositivos que suportam RA. A proliferação de smartphones e tablets com câmeras de alta qualidade e processadores capazes de lidar com gráficos complexos tem facilitado a adoção da RA por consumidores comuns. Em 2021, o mercado global de Realidade Aumentada foi avaliado em mais de 30 bilhões de dólares, com previsões de crescimento contínuo à medida que mais setores adotam a tecnologia. Aplicativos como Pokémon GO, lançados em 2016, e IKEA Place, que permite visualizar móveis em tempo real no ambiente físico, demonstraram como a RA pode ser usada tanto para entretenimento quanto para soluções práticas no cotidiano das pessoas (Mendoza-Ramirez *et al.*, 2023).

Outro aspecto importante é a integração da RA com outras tecnologias emergentes, como a Inteligência Artificial (IA) e o 5G. A IA melhora a precisão dos elementos virtuais sobrepostos ao ambiente físico, permitindo que esses elementos reajam de maneira mais inteligente e adaptativa. Já o 5G, com sua baixa latência e alta velocidade, possibilita que a RA seja utilizada em tempo real com menos interrupções ou atrasos, tornando as experiências mais fluidas e naturais. Em 2022, empresas de telecomunicações como a Verizon e a Ericsson começaram a explorar o uso da RA em conjunto com o 5G para operações industriais remotas, onde trabalhadores poderiam operar máquinas ou realizar reparos complexos em áreas de difícil acesso, guiados por projeções de RA (Hazarika *et al.*, 2023).

Os Aplicativos baseados em RA podem fornecer uma experiência mais precisa e detalhada para aprendizado e pesquisa de anatomia em um ambiente tridimensional, em comparação com métodos bidimensionais existentes, como atlas de anatomia ou dicionários anatômicos. A tecnologia RA pode fornecer modelos anatômicos detalhados do órgão auditivo humano, permitindo uma visualização mais precisa de características estruturais em três dimensões (Ammanuel *et al.*, 2019). Além disso, a tecnologia RA pode permitir que os usuários interajam com o modelo 3D, permitindo uma exploração mais dinâmica e interativa durante o aprendizado da anatomia do órgão auditivo humano. Pode contribuir para gerar reflexões que deem origem a outras investigações, como no caso das patologias, o que torna esta tecnologia uma ferramenta valiosa para os profissionais médicos que estudam sua estrutura e função (Chao *et al.*, 2021).

Esses exemplos demonstram o quanto abrangente e revolucionária a Realidade Aumentada se tornou. Ela não apenas melhora a eficiência em setores tradicionais, como educação, medicina e indústrias técnicas, mas também está moldando novas formas de interação social, cultural e comercial. À medida que os avanços tecnológicos continuam, a RA provavelmente se tornará ainda mais integrada ao nosso cotidiano, desempenhando um papel crucial na transformação digital de diversos setores e na criação de experiências cada vez mais imersivas e interativas.

O desenvolvimento de ferramentas de realidade aumentada para o estudo do órgão auditivo humano pode fornecer uma valiosa ferramenta educacional para estudantes e médicos em treinamento (Barteit, *et al.*, 2021). As ferramentas de realidade aumentada têm o potencial de permitir que os profissionais entendam melhor a anatomia deste órgão permitindo, entre outras coisas, explorar a orelha externa, a orelha média e a orelha interna.

4.4. Terminologia de Modelagem 3D

Vértice: Trata-se de um ponto em uma estrutura geométrica onde se encontram duas ou mais arestas.

Aresta: É a linha resultante da junção de duas faces, representando a borda exterior do ângulo entre elas. As arestas podem assumir diferentes

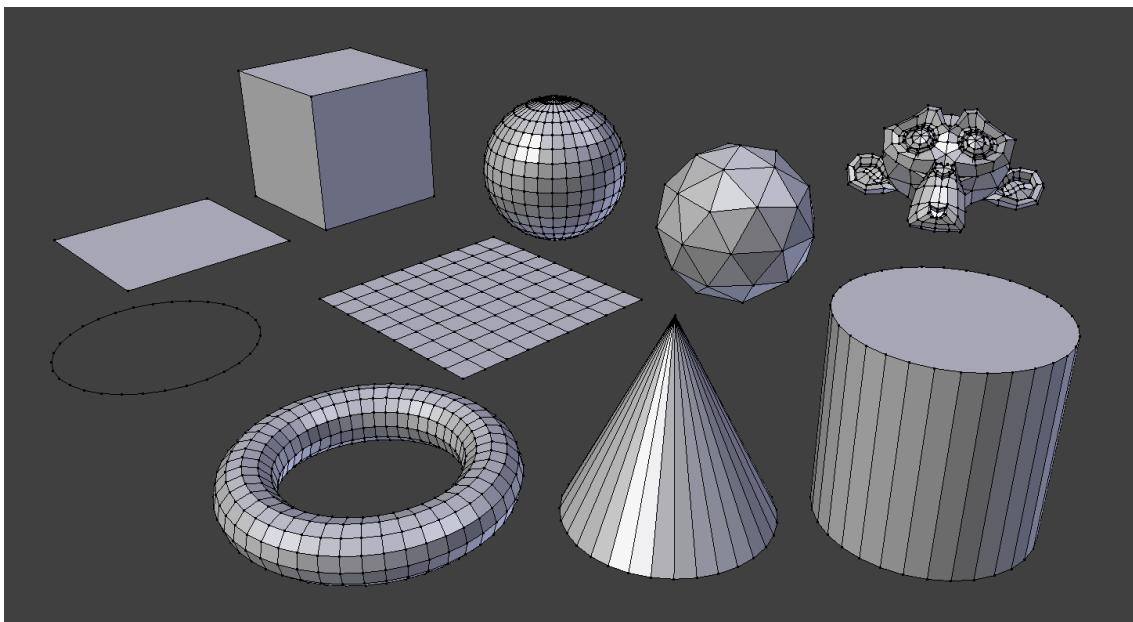
formas, como curvas, vetores, retas, semirretas ou segmentos.

Face: Corresponde a uma superfície plana definida por três ou mais arestas. A união de várias faces forma estruturas tridimensionais fechadas, originando objetos 3D.

Objeto 3D: Refere-se a qualquer modelo tridimensional criado em um software de modelagem, incluindo formas geométricas, construções, veículos, elementos decorativos ou personagens. Não se enquadram nessa categoria elementos como partículas, câmeras, fontes de luz ou qualquer componente que não seja construído a partir de vértices, malhas ou geometrias.

Primitiva 3D: As primitivas 3D são formas geométricas simples disponibilizadas pelos softwares de modelagem tridimensional e funcionam como ponto de partida para a construção de modelos mais elaborados. Em outras palavras, trata-se de estruturas básicas que servem como base para o desenvolvimento de formas complexas. Muitas dessas primitivas têm correspondentes no plano bidimensional, por exemplo, a esfera e o cubo são versões 3D do círculo e do quadrado, respectivamente. As primitivas mais comuns incluem esferas, cubos, cilindros, cones, planos e anéis, embora alguns programas também disponibilizem outras formas como dodecaedros, geosferas e cápsulas.

Figura 5. Primitivas 3D disponíveis no Blender.



Fonte: docs.blender.org, acesso 23 de maio 2025.

5. METODOLOGIA

5.1 Tipo de Pesquisa

Foi realizada uma pesquisa exploratória quase-experimental com abordagem quanti-qualitativa, baseando-se nas pesquisas de Chang *et al.* (2022) e Akyildiz *et al.* (2021). A adoção de uma abordagem exploratória na pesquisa se justifica pela necessidade de aprofundar o entendimento sobre um fenômeno ainda pouco investigado ou sobre o qual há pouca literatura consolidada. Segundo Gil (2008), pesquisas exploratórias são adequadas quando o objetivo é familiarizar-se com um problema ou situação, proporcionando maior clareza quanto à formulação de hipóteses ou à definição de variáveis relevantes.

A pesquisa quase-experimental é um tipo de investigação empírica que, embora compartilhe algumas características com os experimentos verdadeiros, distingue-se pela ausência de randomização na formação dos grupos experimentais e de controle. Em um delineamento quase-experimental, os participantes são alocados aos grupos com base em critérios previamente estabelecidos ou por conveniência, o que pode introduzir vieses e limitações quanto à validade interna dos resultados (Chang *et al.*, 2022).

Apesar dessa limitação, a pesquisa quase-experimental é amplamente utilizada em contextos nos quais a randomização não é viável ou ética, como em estudos educacionais, organizacionais e sociais. O principal objetivo desse tipo de estudo é avaliar a eficácia de uma intervenção ou tratamento por meio da comparação entre grupos expostos e não expostos à variável independente, controlando-se, na medida do possível, os fatores externos que possam interferir nos resultados (Chang *et al.*, 2022).

A pesquisa quantitativa é fundamentada na mensuração de variáveis e na análise estatística dos dados coletados. Seu objetivo principal é quantificar fenômenos, testar hipóteses e estabelecer relações causais ou correlacionais entre variáveis, utilizando instrumentos padronizados como questionários,

escalas e testes. Essa abordagem busca garantir a objetividade, a replicabilidade e a generalização dos resultados, sendo especialmente adequada para estudos que envolvem grandes amostras e que demandam precisão na análise dos dados (Tabron *et al.*, 2023).

A escolha pela realização de uma pesquisa quantitativa se justifica pela necessidade de mensurar de forma objetiva e precisa as variáveis envolvidas, permitindo a obtenção de dados que possam ser analisados estatisticamente. Segundo Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa quantitativa é ideal quando se busca a verificação de hipóteses ou a descrição de fenômenos a partir de números, proporcionando uma compreensão mais clara e específica das relações entre variáveis. Esse tipo de abordagem permite também a generalização dos resultados para a população estudada, garantindo maior rigor científico e confiabilidade aos achados da pesquisa.

Por outro lado, a pesquisa qualitativa está centrada na compreensão profunda dos fenômenos sociais, culturais e subjetivos, considerando os significados atribuídos pelos participantes às suas experiências e interações. Essa abordagem adota métodos como entrevistas em profundidade, grupos focais, observação participante e análise documental, permitindo a coleta de dados ricos e detalhados. A pesquisa qualitativa valoriza o contexto em que os fenômenos ocorrem, priorizando a interpretação e a construção de sentidos, em vez da quantificação (Akyildiz *et al.*, 2021).

Ambas as abordagens possuem mérito científico e são escolhidas com base nos objetivos da investigação, na natureza do problema de pesquisa e nas perguntas formuladas. Enquanto a pesquisa quantitativa tende a responder ao "quanto" e ao "como se relacionam" determinados fenômenos, a pesquisa qualitativa busca elucidar o "como" e o "porquê" das dinâmicas sociais, comportamentais ou subjetivas observadas. Em muitos casos, a combinação de ambas as abordagens, por meio de métodos mistos, pode oferecer uma compreensão mais abrangente e enriquecida do objeto de estudo (Pregoner *et al.*, 2024).

5.2 Software

5.2.1. Ambientes de Desenvolvimento

Os programas Blender 3D e Unity são definidos como ambientes de desenvolvimento usando o ARCore e ARKit, pois são amplamente utilizados e fornecem um ambiente de trabalho detalhado e fácil de usar. Além disso, isso facilita sua portabilidade para vários dispositivos que suportam a tecnologia VR no Metaverse, como Oculus, Hololens, Steam VR, e Magic Leap, proporcionando maiores possibilidades de cobertura por não se limitar a uma única tecnologia. O aplicativo permitirá que os usuários visualizem os modelos 3D desde diferentes ângulos, permitindo uma exploração mais completa da sua estrutura.

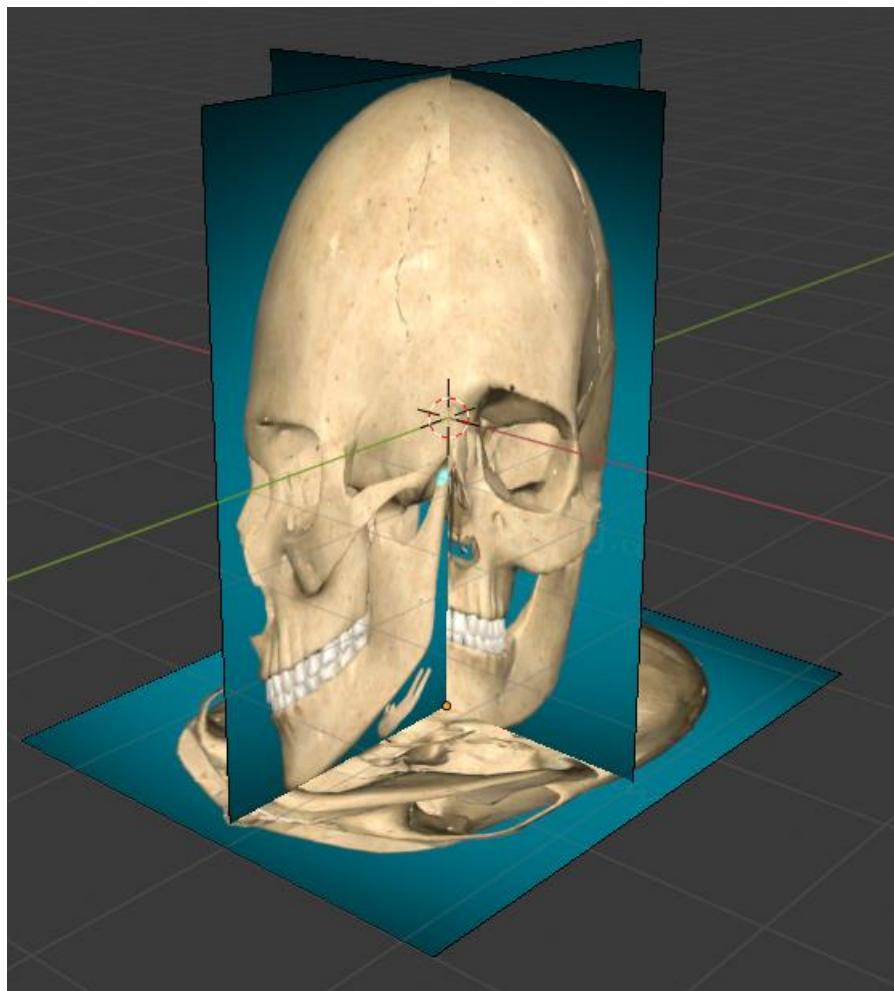
5.2.2. Construção dos modelos 3D da orelha humana

5.2.2.1. Obtenção e posicionamento das vistas ortogonais

A etapa inicial é a obtenção adequada das vistas ortogonais que servirão como guias para a construção volumétrica. Essas vistas devem representar o ouvido humano sob diferentes ângulos padronizados e perpendiculares entre si, geralmente incluindo:

- A projeção lateral, que evidencia as estruturas do ouvido externo e a entrada do meato acústico.
- A vista frontal, que permite visualizar o recorrido das ondas sonoras no sistema auditivo.
- Uma vista transversal ou axial, especialmente útil para orientar a modelagem das estruturas internas do ouvido médio e interno.

Figura 6. Exemplo de posicionamento das vistas ortogonais.



Fonte: www.graphicsandprogramming.net

As imagens podem ser obtidas a partir de diversas fontes, como atlas anatômicos, modelos de dissecação, bancos de imagens médicas, ou mesmo por meio de cortes tomográficos (TC) ou de ressonância magnética (RM), quando o objetivo for alcançar maior fidelidade na reprodução das estruturas internas. No caso de modelagem acadêmica ou didática, recomenda-se o uso de imagens vetoriais ou ilustrações técnicas padronizadas, que garantem clareza nos contornos e consistência proporcional entre as projeções.

Uma vez selecionadas, essas imagens precisam ser tratadas previamente para garantir a correspondência em escala e alinhamento entre os planos. Isso pode ser feito em softwares de edição de imagem como GIMP ou Photoshop, onde as linhas de referência anatômica são utilizadas como guias para sobreposição e correção. O objetivo é assegurar que pontos anatômicos chave

mantenham a mesma altura ou profundidade entre as diferentes vistas, evitando distorções durante a modelagem.

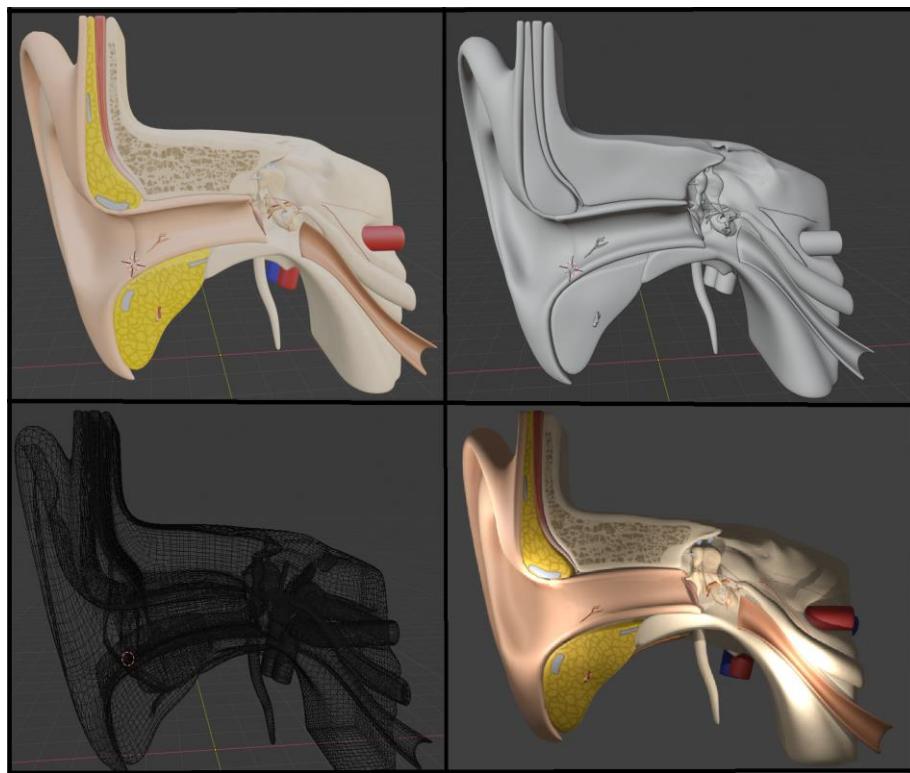
Com as imagens ortogonais preparadas, o próximo passo é sua inserção no ambiente tridimensional do Blender. No software, as imagens são aplicadas a planos bidimensionais e posicionadas nos respectivos eixos: a vista lateral é colocada no eixo X, a frontal no eixo Y e a axial no plano Z. Esse posicionamento precisa respeitar o centro de origem do modelo e os planos de simetria, para que as deformações tridimensionais sigam padrões anatômicos corretos. É importante, também, configurar a opacidade e a visibilidade dessas imagens, garantindo que elas estejam sempre acessíveis como referência durante o processo de construção da malha.

Esse conjunto de cuidados com a aquisição, calibração e posicionamento das vistas ortogonais é decisivo para a qualidade do modelo final. Vistas mal alinhadas ou com escalas incoerentes comprometem não apenas a proporção do objeto modelado, mas também sua aplicabilidade em contextos onde a acurácia anatômica é essencial como em simulações cirúrgicas ou ensino da anatomia.

5.2.2.2 Modelagem Poligonal

A modelagem poligonal é uma das técnicas mais consolidadas na construção de objetos tridimensionais em ambientes digitais, sendo amplamente empregada na representação de estruturas anatômicas devido à sua versatilidade e controle sobre a topologia da malha. No contexto da modelagem do sistema auditivo humano, essa abordagem permite representar com precisão as formas irregulares e detalhadas do ouvido externo, médio e interno, com base em referências visuais ortogonais previamente alinhadas e posicionadas no ambiente do Blender.

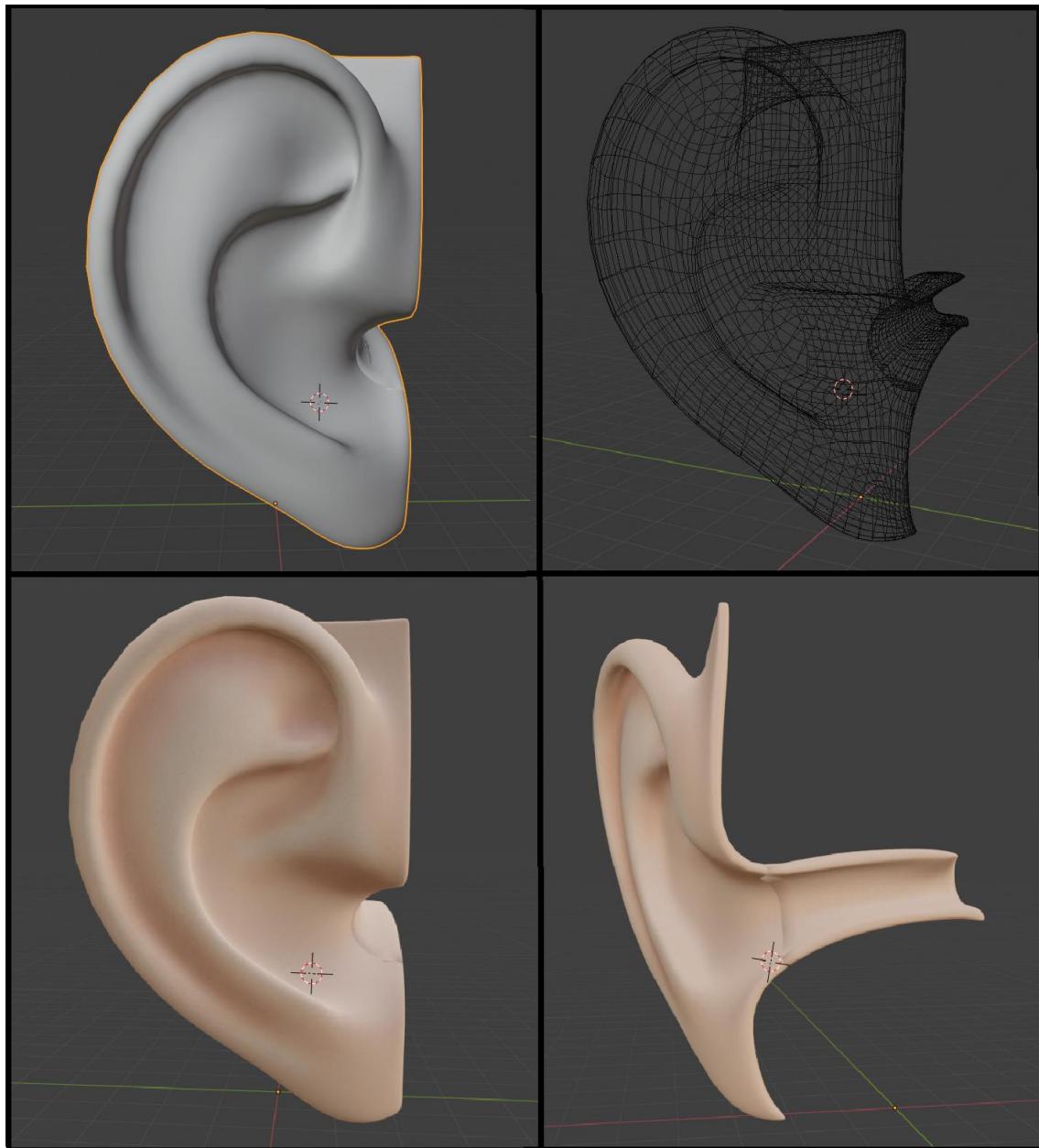
Figura 7. Modelo 3D do sistema auditivo humano.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O processo inicia-se com a criação de primitivas geométricas básicas, como planos, esferas ou cubos, que são posicionados sobre as imagens de referência. Para a construção do pavilhão auricular inicia-se com um plano subdividido, o qual é deformado progressivamente através da manipulação de vértices, arestas e faces para seguir o contorno da orelha presente na vista lateral. Essa etapa exige atenção aos relevos anatômicos característicos, como a hélice, a antélice, o trago, a fossa triangular e o lóbulo, cuja topologia precisa ser representada com fidelidade.

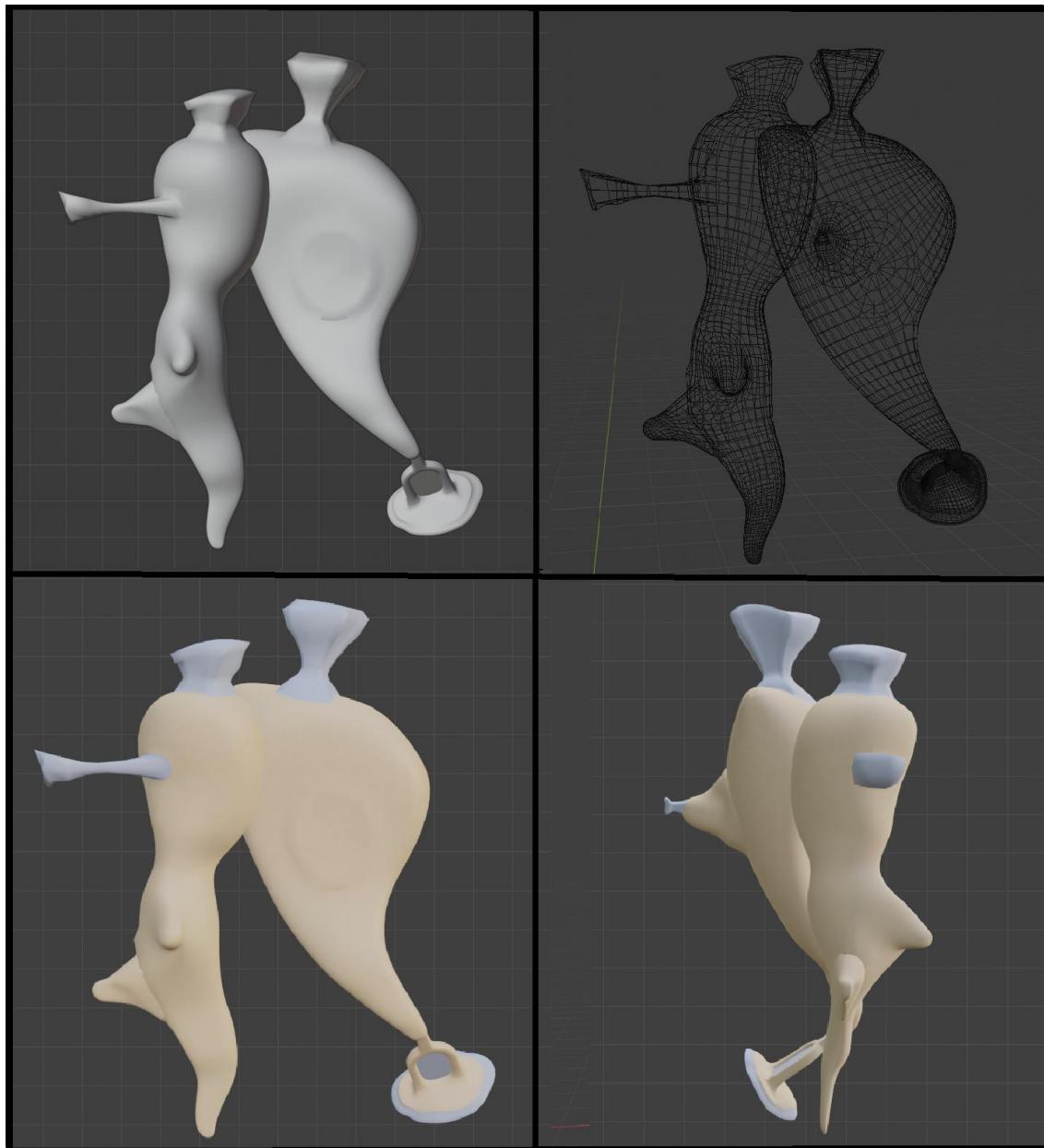
Figura 8. Modelagem orelha externa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A técnica poligonal permite controlar a densidade da malha por meio de ferramentas de subdivisão de superfícies, que aumentam a quantidade de polígonos localmente nas regiões de maior curvatura ou detalhe. Essa abordagem é vantajosa especialmente para modelagens anatômicas, pois possibilita manter áreas de baixa complexidade com menor carga computacional, ao mesmo tempo que permite detalhar áreas complexas com maior resolução.

Figura 9. Modelagem dos ossículos da orelha média.



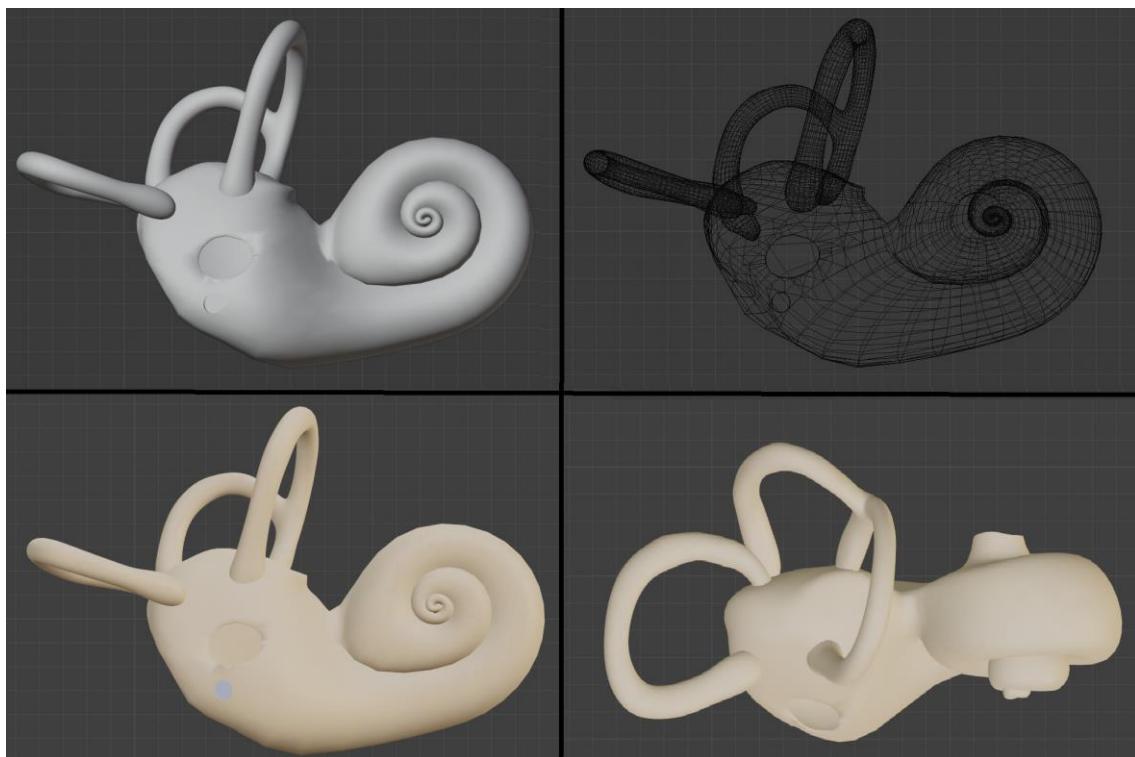
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Após a definição da forma geral do ouvido externo, o modelador pode estender a malha poligonal para o interior do meato acústico externo, criando uma cavidade que se projeta medialmente em direção ao ouvido médio. Neste ponto, podem ser utilizados recursos de extrusão para construir os canais internos a partir da estrutura externa previamente modelada, garantindo continuidade topológica.

A modelagem do ouvido médio, que abriga a cadeia ossicular composta por martelo, bigorna e estribo, exige uma abordagem modular. Cada ossículo pode ser modelado individualmente com base em referências anatômicas precisas, geralmente utilizando esferas deformadas ou cilindros modificados como base. A escultura fina dessas estruturas pode ser realizada por meio de ferramentas de escultura digital ou detalhamento poligonal direto, de forma a preservar os volumes anatômicos e os pontos de articulação entre os ossículos.

No caso do ouvido interno, estruturas como a cóclea e os canais semicirculares demandam modelagem tridimensional mais orgânica, dada sua complexidade morfológica. A cóclea, por exemplo, pode ser construída a partir de uma curva guia com perfil circular extrudado ao longo de um caminho em espiral, enquanto os canais semicirculares podem ser modelados com toróides segmentados ajustados manualmente para seguir a orientação anatômica correta. Apesar de não serem objetos tradicionalmente construídos por malhas poligonais regulares, essas estruturas podem ser convertidas em malha poligonal após modelagem baseada em curvas, integrando-se ao restante do modelo.

Figura 10. Modelagem da Orelha Interna.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

5.3 População e Amostra

A população da pesquisa foi composta por 80 alunos do primeiro ano dos cursos de Farmácia e Enfermagem, os quais foram avaliados por meio de um questionário semi-estruturado.. Esse tamanho amostral foi calculado com base no intervalo de confiança desejado, assegurando que os resultados obtidos sejam generalizáveis para a totalidade da população, conforme recomendações metodológicas de amostragem em pesquisas quantitativas (Barbetta, 2008).

O tipo de amostra a utilizar foi intencional não probabilística, uma vez que a representatividade da amostra é determinada pelas características individuais dos participantes e pelo objeto de estudo da pesquisa (Otzen e Manterola, 2017). Tomando como critério de inclusão o objetivo do estudo, a pesquisa foi dirigida a alunos do nível de graduação que participaram das disciplinas de morfologia geral ou anatomia geral humana e estudaram na Universidade Federal do Ceará (UFC), durante o semestre de 2024-2, tomando como amostra os alunos das turmas de Farmácia e Enfermagem que estiveram dispostos a participar uma vez firmado o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). A amostra foi dividida mediante seleção aleatória não intencionada em dois grupos, assim.

- **Grupo Experimental:** Grupo de intervenção educativa, composto por o curso de enfermagem, recebeu as aulas com a ferramenta de realidade aumentada proposta ($n=38$).
- **Grupo Controle:** Grupo tradicional, composto por o curso de farmácia, recebeu aulas com o método tradicional de ensino ($n=42$).

Os alunos do grupo de ensino tradicional tiveram acesso a todo o material de estudo, incluindo o aplicativo de Realidade Aumentada, ao final da pesquisa, garantindo que não sejam excluídos da experiência educativa proporcionada pela tecnologia. Essa decisão busca assegurar que todos os participantes possam se beneficiar igualmente dos recursos desenvolvidos, uma vez que o acesso ao aplicativo de Realidade Aumentada foi disponibilizado após a coleta dos dados. Dessa forma, preserva-se a integridade do experimento e evita-se qualquer impacto nos resultados comparativos, ao mesmo tempo em que se

oferece aos alunos uma oportunidade adicional de aprofundar seus conhecimentos de forma interativa e imersiva.

5.4 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu no semestre 2024-2, utilizando diferentes instrumentos metodológicos: testes de múltipla escolha, questionários sociodemográficos e entrevistas. Cada instrumento foi selecionado com o objetivo de captar informações específicas e relevantes para a pesquisa. Os testes padronizados foram aplicados em dois momentos: antes e após a utilização do aplicativo (pré-teste e pós-teste), com o intuito de avaliar a evolução na compreensão dos conceitos relacionados ao órgão auditivo. Paralelamente, entrevistas foram conduzidas para investigar a percepção dos participantes quanto à usabilidade, ao engajamento e à satisfação com o uso do aplicativo, sendo os dados analisados com base na técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1995).

As questões formuladas em cada um dos questionários foram elaboradas pelo autor e adaptadas de outros testes já realizados em pesquisas de educação de graduação: o questionário sociodemográfico foi adaptado de (González., 2022; Zapata-González *et al.*, 2015; Silva-Ortiz, 2020), o questionário de pré e post-test foi adaptado de (Brumpt *et al.*, 2024)

Os questionários de pré-teste e pós-teste foram focados na anatomia do órgão auditivo humano e incluíram 16 questões de múltipla escolha, permitindo avaliar o conhecimento antes e depois da experiência com o aplicativo, e a compreensão dos participantes sobre o tema. O questionário socioeconômico, composto por 10 perguntas, foi destinado a obter informações como: dados pessoais, sexo, idade, estado civil e renda familiar mensal, em conformidade com a normatização nacional, “as instituições e os programas acadêmicos de ensino superior devem fornecer informações relevantes, confiáveis e atualizadas ao Sistema Nacional de Informações da Educação Superior (SENIS) Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004” (Ministerio de Educação Brasil., 2024). Os questionários foram aplicados de forma presencial e/ou online, garantindo que todos os alunos tivessem a oportunidade de participar.

Foram aplicadas entrevistas semiestruturadas compostas por 9 perguntas abertas, elaboradas com o objetivo de investigar a percepção discente sobre o uso de uma plataforma digital 3D voltada ao ensino da anatomia do sistema auditivo humano. O instrumento foi aplicado a 9 participantes, todos estudantes do curso de enfermagem que participaram da aula mediada pelo uso do aplicativo. As entrevistas foram conduzidas individualmente, em ambiente controlado, logo após a realização da atividade com a plataforma, a fim de captar impressões espontâneas e recentes da experiência vivenciada. A escolha por perguntas abertas visou proporcionar maior liberdade de expressão aos participantes, favorecendo a emergência de sentidos subjetivos, opiniões e percepções particulares em relação à metodologia aplicada.

As questões abordaram diferentes dimensões da experiência pedagógica, incluindo a avaliação geral da plataforma, a comparação com métodos tradicionais de ensino, o nível de engajamento individual e coletivo, os aspectos facilitadores ou dificultadores da atividade, sugestões de melhoria, além da relação da experiência com o interesse pela anatomia e sua possível contribuição para a formação profissional. Os detalhes dos instrumentos utilizados na pesquisa podem ser revisados nos apêndices A e B, no final deste documento.

5.5 Análise de dados

Para verificar a normalidade dos dados coletados, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk, amplamente reconhecido na literatura científica por sua robustez em amostras pequenas e médias. Esse teste avalia a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal. Quando o valor de p obtido é superior ao nível de significância previamente estabelecido ($\alpha = 0,05$), não se rejeita a hipótese nula, indicando que os dados podem ser considerados normalmente distribuídos. No entanto, diante da não conformidade com a normalidade, optou-se pela utilização do teste não paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas. Este teste é adequado para realizar as comparações entre dois grupos dependentes e foi utilizado para avaliar a eficácia de ambas as metodologias nos momentos antes e depois a intervenção educativa.

Para a comparação das respostas entre diferentes grupos experimentais, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, um método estatístico não paramétrico adequado para dados com distribuição não normal e escalas ordinais. Esse teste foi escolhido por sua robustez na comparação de mais de dois grupos independentes, sendo particularmente indicado quando não se pode assumir homogeneidade de variâncias nem normalidade dos dados. O teste de Kruskal-Wallis avalia se existem diferenças estatisticamente significativas entre as medianas dos grupos analisados, por meio da ordenação dos valores e cálculo de postos. Em caso de resultado significativo ($p < 0,05$), indica-se que pelo menos um dos grupos difere dos demais quanto à variável analisada, sendo possível realizar comparações post-hoc, como o teste de Dunn, para identificar pares específicos com diferenças relevantes.

As análises estatísticas foram conduzidas por meio do software GraphPad Prism, versão 6, reconhecido por sua interface intuitiva e pela variedade de recursos estatísticos e gráficos que oferece. Esse programa possibilita a realização de análises descritivas e inferenciais com precisão, incluindo testes de comparação de médias, correlações e regressões, além de gerar representações gráficas claras e informativas dos dados. A escolha do GraphPad Prism fundamenta-se em sua capacidade de apresentar os resultados de forma visualmente acessível, favorecendo a interpretação das relações entre as variáveis investigadas e contribuindo para uma análise robusta e confiável dos dados da pesquisa.

A Análise de Conteúdo, conforme proposta por Laurence Bardin (1995) é uma metodologia amplamente utilizada em pesquisas qualitativas com o objetivo de interpretar e sistematizar mensagens verbais, escritas ou visuais. A análise foi feita em Categorização das falas dos estudantes sobre a percepção que tiveram sobre o uso da Realidade Aumentada no estudo da anatomia do sistema auditivo humano. Trata-se de uma técnica que busca extrair significados dos conteúdos analisados, indo além da simples leitura, por meio de um processo rigoroso de categorização e interpretação. A análise se desenvolve em três fases principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A primeira etapa, chamada de pré-análise, consiste na organização do material e na preparação para a análise propriamente dita. Nessa fase, o pesquisador realiza uma leitura flutuante dos dados, ou seja, uma leitura livre e inicial com o objetivo de se familiarizar com o conteúdo. Também são definidos os documentos que comporão o corpus da pesquisa, e, se necessário, são formuladas hipóteses e objetivos analíticos, além da possível criação de categorias preliminares de análise.

A segunda etapa, conhecida como exploração do material, é onde ocorre a codificação dos dados. As informações são divididas em unidades de registro, como frases, palavras ou trechos com significados relevantes, que posteriormente são agrupadas em categorias temáticas. Essas categorias podem ser previamente definidas com base em referenciais teóricos (abordagem dedutiva), ou podem emergir do próprio conteúdo analisado (abordagem indutiva), a depender da natureza da pesquisa.

Na terceira etapa, tratamento dos resultados, inferência e interpretação, o pesquisador realiza a sistematização dos dados, relacionando as categorias identificadas aos objetivos da pesquisa e ao referencial teórico adotado. É nesse momento que os significados mais profundos dos discursos são interpretados, permitindo compreender padrões, sentidos e contradições presentes no material. Essa fase pode incluir também elementos quantitativos, como a frequência de determinadas categorias, caso isso seja pertinente ao estudo.

Figura 11. Fases da análise de conteúdo.



Fonte: Análise de Conteúdo - Bardin (1995).

A técnica de Bardin (1995) destaca-se por sua flexibilidade e capacidade de revelar sentidos implícitos nos discursos, sendo adequada tanto para estudos exploratórios quanto para análises mais estruturadas. Seu uso permite ao pesquisador compreender com profundidade os conteúdos simbólicos presentes nas falas ou textos analisados, contribuindo significativamente para a produção de conhecimento nas ciências humanas e sociais.

5.6. Triangulação de Métodos

A triangulação de métodos constitui uma estratégia metodológica amplamente adotada nas ciências humanas, sociais e da saúde, cujo objetivo central é o de ampliar a validade interna e externa de uma investigação por meio da integração de múltiplas abordagens investigativas. A ideia fundamental dessa estratégia é que a utilização de diferentes métodos, técnicas, fontes de dados ou referenciais teóricos para estudar um mesmo fenômeno pode revelar dimensões complementares do objeto de estudo, proporcionando uma análise mais rica, densa e confiável (Donkoh *et al.*, 2023).

Originalmente concebida no campo da sociologia e da antropologia, a triangulação foi introduzida como uma forma de contornar as limitações inerentes à aplicação isolada de um único método, especialmente diante da complexidade dos fenômenos sociais. Segundo Donkoh (2023), existem quatro tipos principais de triangulação: triangulação de dados, triangulação de pesquisadores, triangulação teórica e triangulação metodológica, sendo esta última a mais recorrente em pesquisas aplicadas, especialmente naquelas que envolvem análise de processos educacionais e práticas formativas.

Na triangulação metodológica, ocorre a combinação de métodos quantitativos e qualitativos, possibilitando uma abordagem mista que une a precisão métrica e estatística dos dados quantitativos com a profundidade interpretativa e contextual dos dados qualitativos (Bans-Akutey *et al.*, 2021). Essa complementaridade permite não apenas a confirmação cruzada de

resultados, mas também o aprofundamento da compreensão sobre aspectos subjetivos, simbólicos e relacionais do fenômeno investigado.

A utilização da triangulação é particularmente relevante em pesquisas educacionais, nas quais se busca avaliar não somente os efeitos objetivos de uma intervenção como o desempenho acadêmico, mas também as percepções, atitudes e significados atribuídos pelos sujeitos à experiência pedagógica. Assim, ao permitir a convergência de diferentes perspectivas e fontes de evidência, a triangulação fortalece o rigor metodológico da pesquisa e amplia a credibilidade das inferências produzidas (Arias Valencia, 2022).

5.7. Aspectos Éticos

Esta pesquisa foi conduzida em conformidade com os preceitos éticos estabelecidos pelas diretrizes e normas regulamentadoras da pesquisa envolvendo seres humanos, conforme a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Antes do início da coleta de dados, o projeto foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (PROPESQ- UFC), tendo sido aprovado sob o parecer consubstanciado nº 7.378.442, emitido pelo CEP vinculado à Universidade Federal do Ceará.

Todos os participantes da pesquisa foram devidamente informados sobre os objetivos, procedimentos, potenciais riscos e benefícios do estudo, bem como sobre seus direitos, incluindo o direito à recusa ou à desistência a qualquer momento, sem prejuízo de qualquer natureza. Para isso, foi elaborado e utilizado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), redigido em linguagem clara e acessível, que foi apresentado e assinado pelos participantes previamente à realização das atividades experimentais e à aplicação dos instrumentos de avaliação.

Foi assegurado aos participantes o respeito à confidencialidade e ao anonimato, mediante a codificação dos dados e o uso de identificadores

alfanuméricos. Todas as informações coletadas foram utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, sendo armazenadas com segurança, em meio digital protegido por senha, sob a responsabilidade do pesquisador (BRASIL, 2012).

6. RESULTADOS

6.1 Análise sociodemográfica

A análise sociodemográfica dos estudantes participantes da pesquisa revela um perfil amplamente representativo de jovens adultos vinculados a cursos da área da saúde, com predominância de indivíduos do sexo feminino e provenientes de contextos socioeconômicos de baixa renda. Esses dados fornecem subsídios relevantes para a compreensão do público-alvo e a contextualização dos resultados obtidos no estudo.

Tabela 1. Resumo sociodemográfico dos estudantes participantes.

Variável	N	(%)
Faixa Etária		
18 – 24 anos	67	83.75%
25 – 34 anos	10	12.50%
35 – 44 anos	2	2.50%
Menos de 18 anos	1	1.25%
Sexo		
Feminino	57	71.25%
Masculino	23	28.75%
Estado Civil		
Solteiro(a)	79	98.75%
Casado(a) / União estável	1	1.25%
Curso		
Farmácia	42	52.50%
Enfermagem	38	47.50%
Renda Familiar Mensal		
Até 1 salário mínimo	31	38.75%
De 1 a 3 salários mínimos	32	40.00%
De 3 a 5 salários mínimos	8	10.00%
Mais de 5 salários mínimos	9	11.25%
Total de Respondentes	80	100.00%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

6.1.1. Faixa Etária

A variável “faixa etária” desempenha papel central na caracterização sociodemográfica da amostra, uma vez que está intrinsecamente relacionada a aspectos cognitivos, emocionais, sociais e até mesmo pedagógicos dos indivíduos em processo de formação acadêmica (Silva & Venturi, 2022). A distribuição etária dos estudantes que participaram do pré-teste evidencia uma predominância expressiva de jovens adultos: 67 dos 80 participantes (aproximadamente 83,75%) situam-se na faixa entre 18 e 24 anos, faixa essa tradicionalmente associada ao ingresso e à consolidação do percurso no ensino superior. Esse dado, por si só, já sugere que os estudantes se encontram, majoritariamente, em uma fase inicial da formação universitária, ainda em processo de construção de saberes específicos, desenvolvimento de habilidades profissionais e definição de identidade acadêmica.

A presença de 10 estudantes (12,5%) na faixa etária de 25 a 34 anos e de 2 estudantes (2,5%) entre 35 e 44 anos acrescenta uma nuance importante ao perfil da amostra, indicando a existência de uma minoria com características que podem diferir substancialmente dos demais colegas em termos de trajetória de vida, maturidade, experiências profissionais prévias e motivações para a escolha do curso. Estudantes nessa faixa tendem a apresentar maior autonomia, foco nos objetivos acadêmicos e profissionais, e, frequentemente, enfrentam conciliações entre estudo, trabalho e responsabilidades familiares.

O dado relativo à presença de apenas um participante com menos de 18 anos pode ser interpretado como atípico, possivelmente representando um estudante ingressante precocemente na universidade ou envolvido em atividades extracurriculares de nível superior. Embora estatisticamente irrelevante, esse caso ilustra a diversidade que pode existir em termos etários mesmo em amostras concentradas.

6.1.2. Sexo

A análise da variável "sexo" dos participantes revela uma clara predominância do sexo feminino entre os participantes da pesquisa. Dos 80 estudantes participantes, 57 (71,25%) se identificaram como feminino, enquanto 23 (28,75%) como masculino. Esse resultado é compatível com as tendências observadas nos cursos superiores da área da saúde no Brasil, onde historicamente há uma maior presença de mulheres, especialmente em graduações como Enfermagem e Farmácia (Minella, 2017).

Essa predominância feminina pode ser compreendida sob múltiplos prismas. Em primeiro lugar, é importante destacar que a feminização das profissões da saúde está relacionada a construções sociais de gênero que tradicionalmente associam o cuidado, a empatia e a atenção às necessidades humanas a atributos culturalmente atribuídos às mulheres (Splendor & Roman., 2003). Assim, profissões voltadas ao cuidado de pacientes, como é o caso da Enfermagem e da Farmácia, acabam sendo mais procuradas por alunas desde o ensino médio, reforçando um padrão de escolha profissional que se perpetua ao longo do tempo.

6.1.3. Estado Civil

A análise do estado civil dos participantes do pré-teste revela um perfil altamente homogêneo. Dos 80 estudantes que compõem a amostra, 79 (98,75%) declararam-se solteiros(as), e apenas 1 (1,25%) se identificou como casado(a) ou em união estável. Essa expressiva concentração na categoria "solteiro(a)" está intimamente ligada ao perfil etário predominante da amostra, composta majoritariamente por indivíduos entre 18 e 24 anos (83,75%). Trata-se, portanto, de uma população que, em sua maioria, ainda está em uma etapa da vida marcada pela transição entre a adolescência e a adulterez emergente, na qual as prioridades estão voltadas à formação acadêmica, à inserção no mercado de trabalho e à construção da identidade pessoal e profissional (Andrade, 2010).

6.1.4. Curso

A variável “curso” revela uma composição amostral centrada exclusivamente em dois cursos da área da saúde: Farmácia e Enfermagem. Observa-se que 42 estudantes (52,5%) pertencem ao curso de Farmácia, enquanto 38 estudantes (47,5%) são do curso de Enfermagem. Essa distribuição praticamente equitativa entre os dois cursos possibilita uma análise comparativa rica, além de levantar reflexões relevantes sobre as especificidades formativas e os perfis acadêmicos característicos de cada área.

É importante ainda considerar que a presença de ambos os cursos em proporções próximas possibilita análises intergrupais mais robustas, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo, favorecendo o delineamento de intervenções educativas específicas para cada perfil. Tal configuração também permite verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no que diz respeito à compreensão dos conteúdos, à autoeficácia percebida e ao aproveitamento acadêmico em avaliações diagnósticas, como a que foi aplicada.

6.1.5. Renda Familiar

A análise da variável renda familiar mensal dos estudantes participantes da pesquisa revela uma distribuição heterogênea, com maior concentração nas faixas de menor poder aquisitivo. A maioria dos respondentes declarou possuir renda de até três salários mínimos, o que corresponde a 78,75% da amostra. Especificamente, 31 estudantes (38,75%) relataram viver com renda de até um salário mínimo, e 32 estudantes (40,0%) com renda de um a três salários mínimos. Já as faixas de renda mais elevadas apresentaram menor representatividade: 8 estudantes (10,0%) afirmaram ter renda de três a cinco

salários mínimos, e 9 estudantes (11,25%) informaram viver com renda superior a cinco salários mínimos.

6.2 Análise Estatística

A análise estatística referente à avaliação do conhecimento anatômico da orelha humana em estudantes dos cursos de Enfermagem e Farmácia, evidencia resultados expressivos quanto à efetividade da intervenção pedagógica aplicada. A metodologia estatística envolveu a avaliação da normalidade dos dados (por meio do teste de Shapiro-Wilk), comparações intra-grupo (pré e pós-teste) com o teste de Wilcoxon e uma análise intergrupos por meio do teste de Kruskal-Wallis.

6.2.1. Análise de Normalidade

A análise da normalidade dos dados é uma etapa crucial na investigação estatística, especialmente quando se pretende selecionar os testes mais adequados para comparação de escores entre diferentes momentos (pré e pós-teste) ou entre grupos distintos. No presente estudo, o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar se os escores de conhecimento anatômico, obtidos por estudantes de Enfermagem e Farmácia, apresentavam distribuição normal em ambos os momentos avaliativos.

Os resultados indicaram que, nos pré-testes, os dados de ambos os grupos apresentaram violação da normalidade. O valor de p obtido no teste de Shapiro-Wilk foi inferior ao nível de significância convencional de 0,05, o que

levou à rejeição da hipótese nula de normalidade para esses conjuntos de dados. Tal achado sugere que, antes da intervenção pedagógica, os escores dos estudantes estavam distribuídos de forma assimétrica ou apresentavam uma dispersão elevada, o que é compatível com um cenário de heterogeneidade no conhecimento prévio entre os discentes.

Tabela 2. Resumo de análise de normalidade dos dados do pré-teste e pós-teste nos grupos experimental (Enfermagem) e controle (Farmácia)

Teste de normalidade Shapiro-Wilk		
Farmácia	Pré-teste	Pós-teste
W	0.9418	0.9510
P-valor	0.0435	0.0887
A distribuição é normal? (alfa > 0.05)?	Não	Sim
Sumário do p-valor	*	ns
Enfermagem	Pré-teste	Pós-teste
W	0.9362	0.9436
P-valor	0.0315	0.0548
A distribuição é normal? (alfa > 0.05)?	Não	Sim
Sumário do p-valor	*	ns

Anotações: ns = não significativo

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Essa heterogeneidade pode ser atribuída a uma série de fatores contextuais e pedagógicos. Primeiramente, é possível que os estudantes tenham tido exposições curriculares distintas ao conteúdo anatômico, ou que apresentem diferentes níveis de familiaridade com metodologias de avaliação do tipo aplicada no pré-teste. Além disso, o grau de maturidade acadêmica, o semestre cursado e a bagagem educacional prévia são variáveis que potencialmente influenciam os escores iniciais de maneira diferenciada entre os indivíduos.

Contrariamente, nos pós-testes, os resultados do teste de Shapiro-Wilk apontaram valores de p superiores a 0,05, indicando que os dados não diferem significativamente de uma distribuição normal. Isso sugere que, após a intervenção, os escores passaram a se distribuir de maneira mais simétrica e homogênea entre os participantes. Essa mudança na forma da distribuição estatística é um indicador relevante do efeito nivelador da prática pedagógica adotada: a atividade instrucional, ao promover a compreensão do conteúdo por parte de todos os estudantes, contribuiu não apenas para o aumento das médias de acerto, mas também para a redução da variabilidade individual nos resultados.

Do ponto de vista educacional, esse comportamento estatístico evidencia a efetividade da intervenção no alinhamento dos níveis de conhecimento entre os discentes, atuando como um mecanismo de equalização pedagógica. Em outras palavras, o fato de os dados pós-intervenção se aproximarem da normalidade pode ser interpretado como um reflexo de que os estudantes, independentemente do curso, conseguiram atingir um patamar comum de desempenho, mitigando as diferenças iniciais observadas.

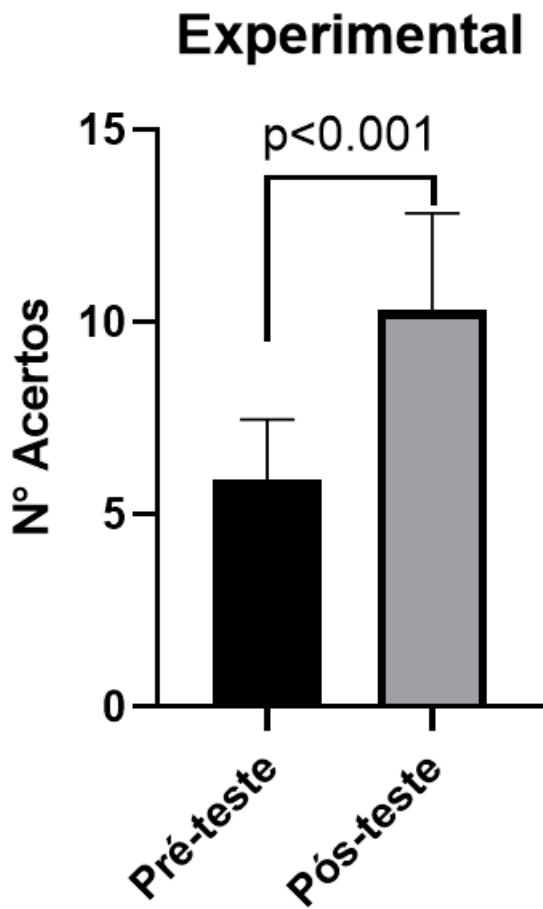
Além disso, os resultados de normalidade nos pós-testes indicam que é possível aplicar testes paramétricos nas comparações entre os grupos ou momentos, como o teste t pareado (se as demais premissas forem atendidas). No entanto, considerando a violação da normalidade nos pré-testes, optou-se pelo uso de testes não paramétricos como o teste de Wilcoxon para comparações pareadas e o teste de Dunn para comparações múltiplas a fim de garantir maior robustez na análise estatística.

6.2.2. Análise Intragrupos

A análise intragrupos, conduzida por meio do teste de Wilcoxon para amostras pareadas, desempenha um papel central na avaliação da efetividade da intervenção pedagógica aplicada aos estudantes dos cursos de Enfermagem e Farmácia. Esse teste estatístico é especialmente apropriado quando os dados não apresentam distribuição normal, o qual foi uma condição observada nos escores do pré-teste conforme indicado pelos resultados do teste de Shapiro-

Wilk. Por ser um teste não paramétrico, o Wilcoxon permite comparar medidas repetidas (pré e pós-teste) dentro do mesmo grupo de participantes, mesmo diante de assimetrias ou desvios estatísticos.

Figura 12. Distribuição da concordância dos participantes do grupo experimental aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula com realidade aumentada.



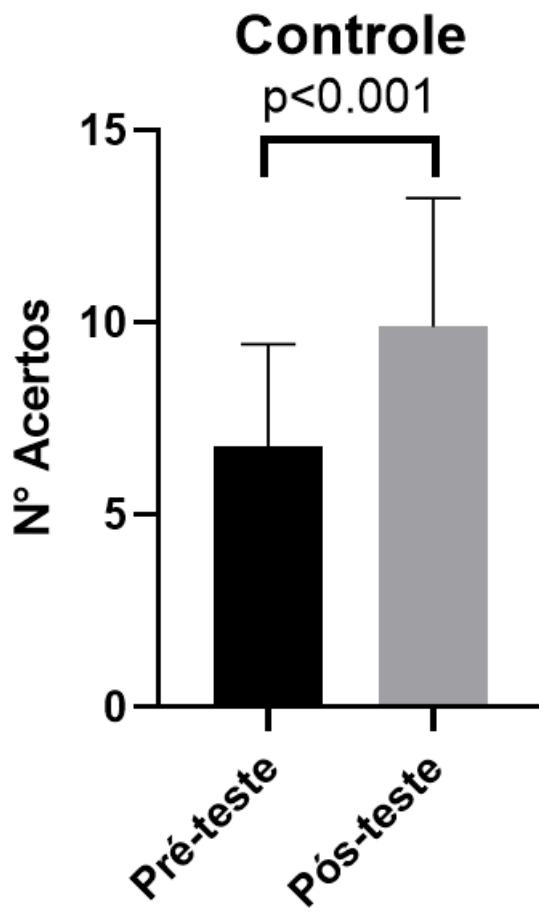
Anotações: Os valores são expressos em média \pm desvio padrão da média. O valor foi considerado significância (p) $p<0,05$. Para análise foi utilizado o teste de Wilcoxon.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os resultados dessa análise evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre os escores obtidos antes e após a intervenção educativa, tanto no grupo de Enfermagem quanto no grupo de Farmácia. Em ambos os casos, verificou-se um aumento consistente nas pontuações do pós-teste, indicando uma melhora expressiva no desempenho dos estudantes. Essa

elevação dos escores, confirmada por valores de p inferiores ao nível de significância de 0,05, permite inferir que a intervenção foi efetiva em promover o aprendizado do conteúdo anatômico proposto.

Figura 13. Distribuição da concordância dos participantes do grupo controle (Farmácia) aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula tradicional.



Anotações: Os valores são expressos em média \pm desvio padrão da média. O valor foi considerado significância (p) $p<0,05$. Para análise foi utilizado o teste de Wilcoxon.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Importante destacar que a intervenção educativa foi estruturada como uma aula expositiva, com metodologias diferenciadas aplicadas a cada grupo. O grupo de Enfermagem foi exposto a uma aula com o uso de uma ferramenta de realidade aumentada em 3D para o estudo da orelha humana, enquanto o grupo de Farmácia recebeu a mesma aula expositiva, porém com o uso de recursos

tradicionais, como imagens bidimensionais e explicações em quadro. Essa distinção metodológica permitiu a comparação dos efeitos pedagógicos entre uma abordagem inovadora e uma abordagem convencional, ambas voltadas ao mesmo conteúdo.

Tabela 3. Resumo das estatísticas descritivas do número de acertos do pré-teste e pós-teste no grupo experimental (Enfermagem).

Estatísticas Descritivas grupo Enfermagem		
Fator	Pré-teste	Pós-teste
Mínimo	3.000	5.000
Percentil 25%	4.750	8.750
Mediana	6.000	10.00
Percentil 75%	7.000	12.25
Máximo	9.000	14.00
Média	5.895	10.32
Desvio padrão	1.573	2.516
Erro padrão da média	0.2552	0.4081
IC Inferior 95%	5.378	9.489
IC Superior 95%	6.412	11.14

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A análise descritiva dos escores do grupo experimental (Enfermagem) evidenciou um aumento consistente no número de acertos após a intervenção pedagógica baseada em realidade aumentada. A média passou de 5,90 no pré-teste para 10,32 no pós-teste, enquanto a mediana evoluiu de 6,00 para 10,00. Essa progressão foi acompanhada por um deslocamento dos quartis e uma ampliação no intervalo de confiança da média, que, por não apresentarem sobreposição, indicam uma diferença estatisticamente relevante entre os momentos. Tais achados reforçam a eficácia da estratégia metodológica adotada, promovendo avanços expressivos no aprendizado anatômico dos discentes.

A utilização da realidade aumentada no grupo de Enfermagem proporcionou aos estudantes uma experiência imersiva e interativa, com acesso a representações tridimensionais da estrutura anatômica. Essa tecnologia favoreceu a visualização espacial e a compreensão morfológica, promovendo maior engajamento e aprofundamento conceitual. Por sua vez, embora o grupo de Farmácia tenha utilizado métodos tradicionais, os resultados ainda assim revelaram melhora significativa nos escores, sugerindo que a estrutura da aula expositiva, por si só, contribuiu positivamente para o aprendizado.

Tabela 4. Resumo das estatísticas descritivas do número de acertos do pré-teste e pós-teste no grupo controle (Farmácia).

Estatísticas Descritivas grupo Farmácia		
Fator	Pré-teste	Pós-teste
Mínimo	2.000	3.000
Percentil 25%	5.000	7.000
Mediana	6.000	9.000
Percentil 75%	8.000	12.00
Máximo	14.00	16.00
Média	6.769	9.897
Desvio padrão	2.680	3.347
Erro padrão da média	0.4291	0.5359
IC Inferior 95%	5.900	8.813
IC Superior 95%	7.638	10.98

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A melhoria observada nos escores intragrupo, especialmente no grupo de Enfermagem, indica que a combinação de aula expositiva com tecnologia educacional avançada potencializa a retenção do conhecimento e estimula a aprendizagem significativa. O uso da realidade aumentada demonstrou-se uma ferramenta eficaz para o ensino de conteúdos que envolvem estruturas tridimensionais complexas, como é o caso da orelha humana.

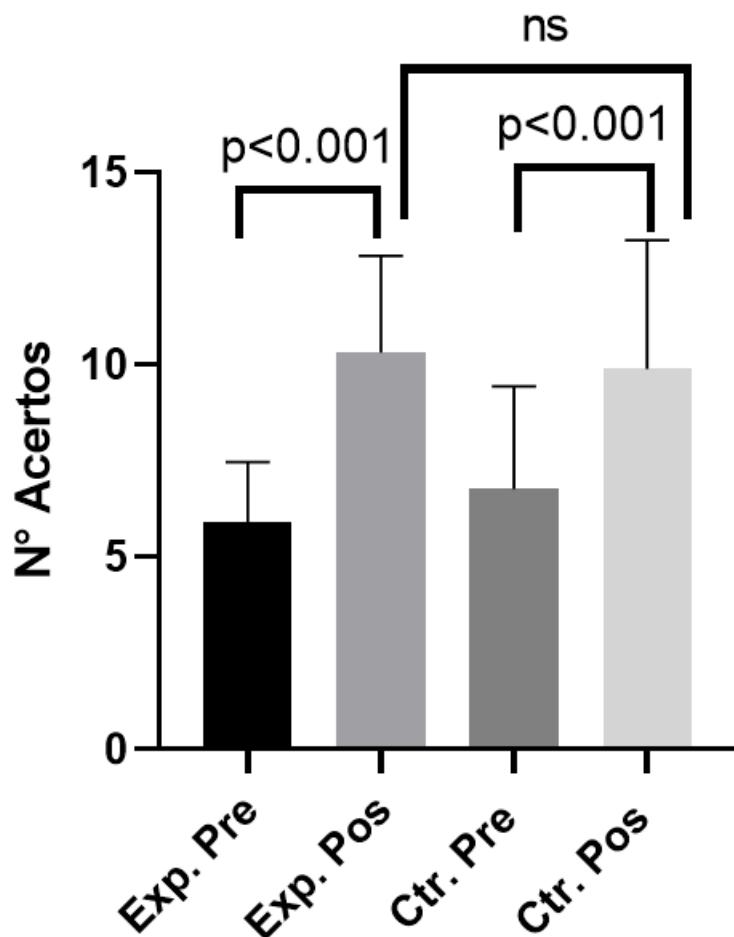
Além disso, o delineamento intraindividual adotado em que cada participante serve como seu próprio controle, confere maior validade interna aos achados. Essa abordagem elimina o impacto de variáveis interindividuais que poderiam interferir nos resultados, permitindo atribuir com maior segurança os ganhos observados à intervenção pedagógica propriamente dita.

6.2.3. Análise Intergrupos

A análise intergrupos realizada neste estudo teve como objetivo comparar os efeitos na aprendizagem de estudantes dos cursos de Enfermagem e Farmácia, especificamente no conteúdo sobre a anatomia da orelha humana. Para isso, foram utilizados o teste de Kruskal-Wallis e o teste de comparações múltiplas de Dunn, com foco na comparação dos escores médios dos pré e pós-testes entre os grupos.

Inicialmente, a comparação entre os escores do pré-teste dos estudantes de Enfermagem e Farmácia revelou ausência de diferença estatisticamente significativa, com valor de $p = 0,4593$. Esse achado é metodologicamente relevante, pois indica a homogeneidade inicial da amostra e fortalece a validade interna do experimento. Dessa forma, eventuais diferenças observadas nos escores do pós-teste poderiam ser atribuídas com maior confiabilidade às metodologias educacionais utilizadas, e não a desigualdades pré-existentes entre os participantes.

Figura 14. Distribuição da concordância dos participantes aos itens do instrumento nos momentos antes e após a aula do grupo experimental com realidade aumentada (Enf). Comparada com grupo tradicional (Farm).



Anotações: Os valores são expressos em média \pm desvio padrão da média. O valor foi considerado significância (p) $p < 0,05$. Para análise foi utilizado o teste Kruskal-Wallis.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Posteriormente, foi realizada a comparação entre os escores do pós-teste dos dois grupos. O teste de Dunn indicou, novamente, ausência de diferença estatisticamente significativa, com $p = 0,8960$. Esse resultado demonstra que não houve superioridade estatística entre os desempenhos finais dos estudantes submetidos às duas abordagens pedagógicas, apesar das diferenças metodológicas substanciais entre elas. Em termos objetivos, os estudantes de Enfermagem, que participaram de uma aula expositiva mediada por uma ferramenta de realidade aumentada em 3D, obtiveram desempenho similar aos

estudantes de Farmácia, que receberam o mesmo conteúdo por meio de uma aula expositiva com recursos tradicionais (quadros, imagens estáticas e explicação verbal).

Esses dados, tomados em conjunto, indicam que ambas as metodologias foram eficazes na promoção da aprendizagem, sem que uma delas apresentasse superioridade estatística em relação à outra. No entanto, a ausência de diferença estatística entre os escores médios não invalida a possibilidade de que a metodologia com realidade aumentada tenha proporcionado benefícios qualitativos, como maior engajamento, visualização tridimensional mais clara de estruturas anatômicas complexas e aprendizagem mais significativa para determinados perfis de estudantes. Tais aspectos, embora não captados diretamente pelas medidas quantitativas aplicadas, são reconhecidos na literatura como diferenciais pedagógicos relevantes.

6.3 Análise qualitativa das entrevistas

A partir da análise das entrevistas realizadas com os estudantes que participaram da aula expositiva utilizando a ferramenta 3D para o estudo da orelha humana, foram identificadas categorias temáticas recorrentes, revelando percepções relevantes sobre a experiência pedagógica. A análise seguiu os preceitos metodológicos da Análise de Conteúdo de Bardin (1995), estruturando-se em três etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

6.3.1. Etapa 1: Pré-análise

A pré-análise constitui uma fase fundamental no processo de análise de conteúdo, pois é nela que se realizam as escolhas iniciais e se delineiam as diretrizes para o tratamento do material empírico. Essa etapa foi conduzida com rigor metodológico e subdividida em quatro subetapas: leitura flutuante, constituição do corpus, formulação das hipóteses e objetivos e referenciação dos indicadores e preparação do material.

Leitura Flutuante

Durante a leitura flutuante das respostas abertas fornecidas pelos estudantes, percebeu-se de imediato a predominância de um tom positivo, entusiástico e de reconhecimento do valor pedagógico da metodologia com ferramenta 3D. Palavras como “*interessante*”, “*ótimo*”, “*compreensível*”, “*visualização*”, “*interativo*” e “*motivador*” foram largamente utilizadas, sugerindo uma experiência subjetiva de envolvimento cognitivo e afetivo.

Além do léxico favorável, foi possível observar uma configuração discursiva comum entre os participantes, marcada por enunciados que:

- expressam comparações espontâneas com metodologias tradicionais (ex: “melhor do que slides”, “ajuda mais que imagens 2D”);
- reforçam a eficácia do recurso tridimensional na compreensão espacial da anatomia (ex: “deu para ver a parte interna da orelha com mais clareza”);
- manifestam agrado pela novidade e pela mudança na dinâmica da aula (ex: “algo diferente do comum”, “uma experiência nova e muito boa”).

Esse primeiro nível de contato com o corpus indicou também a existência de falas menos frequentes, mas igualmente relevantes, que apontam para dificuldades pontuais no manuseio da ferramenta, como a adaptação inicial aos comandos e a navegação entre estruturas anatômicas. Essas vozes dissonantes alertaram para a importância de observar, na análise posterior, não apenas os sentidos hegemônicos, mas também as singularidades e os limites percebidos pelos estudantes.

Constituição do Corpus

Delimitação e seleção do material: O corpus da presente análise foi constituído a partir das respostas às perguntas abertas coletadas por meio de entrevistas com estudantes do curso de Graduação em Enfermagem da Universidade Federal do Ceará, que participaram de uma aula expositiva

utilizando uma ferramenta de realidade aumentada em 3D para o estudo da anatomia da orelha humana. As entrevistas foram aplicadas imediatamente após a intervenção educativa, com o objetivo de captar as impressões, percepções e reflexões dos participantes a respeito da experiência didático-tecnológica. As falas foram transcritas, organizadas em uma planilha digital (Excel) e posteriormente tratadas conforme os preceitos metodológicos da análise qualitativa. Foram excluídas respostas em branco ou não compreensíveis, de modo a garantir a exclusividade e coerência do material.

Critério da exaustividade: Adotou-se o critério de exaustividade, incluindo no corpus todas as respostas fornecidas pelos estudantes às perguntas abertas, independentemente de sua extensão textual. Essa opção se justifica pelo caráter exploratório da pesquisa, que visa mapear a totalidade das percepções e não apenas os discursos mais elaborados. Mesmo respostas mais curtas ou economicamente redigidas foram mantidas, pois podem conter unidades de sentido relevantes para a categorização posterior.

Critério da representatividade: O corpus também atende ao critério de representatividade, uma vez que contempla um grupo significativo de estudantes que participaram integralmente da intervenção pedagógica, sendo, portanto, portadores legítimos da experiência analisada. A diversidade das falas quanto ao estilo de expressão, vocabulário e profundidade reflexiva, reflete a heterogeneidade própria do contexto educacional universitário, o que enriquece a análise e amplia o alcance interpretativo.

Forma e estrutura do corpus: A estrutura do corpus foi organizada de modo a facilitar sua exploração analítica. Cada linha da base de dados corresponde a um participante, e cada coluna, a uma pergunta aberta. Esse formato permite a identificação e extração de unidades de registro por pergunta, bem como a análise cruzada entre respostas, quando necessário. A preparação do material incluiu uma revisão linguística mínima, apenas para corrigir erros ortográficos que pudessem interferir na compreensão do sentido, sem comprometer a integridade do discurso.

Formulação das Hipóteses e dos Objetivos

Hipóteses preliminares: Tendo em vista os objetivos gerais da pesquisa, partiu-se da hipótese de que a utilização da ferramenta tecnológica não apenas favorece a aprendizagem, mas também impactaria positivamente a percepção dos estudantes quanto à clareza, motivação e engajamento na aula.

De forma mais específica, formulou-se a hipótese de que os estudantes:

- Relatariam maior facilidade de visualização e compreensão das estruturas anatômicas com o uso da ferramenta 3D;
- Demonstrariam satisfação com a dinâmica da aula, reconhecendo-a como inovadora e interativa;
- Apontariam a metodologia como mais envolvente e eficaz em comparação aos métodos tradicionais de ensino;
- Poderiam apresentar críticas pontuais relacionadas a dificuldades operacionais ou limitações técnicas da ferramenta.

Essas hipóteses não são rígidas nem deterministas; ao contrário, como orienta Bardin, tratam-se de construções interpretativas abertas, que serão confirmadas, refutadas ou reformuladas com base na análise efetiva do conteúdo discursivo. A função da hipótese aqui é sugerir caminhos de leitura, não impor categorias prévias.

Objetivo da análise de conteúdo: O objetivo principal da análise de conteúdo neste estudo é compreender e interpretar as percepções e experiências subjetivas dos estudantes frente à aplicação da ferramenta de realidade aumentada 3D no ensino de anatomia, a partir da identificação de núcleos de sentido recorrentes e significativos em seus discursos.

Especificamente, a análise busca:

- Mapear os aspectos valorizados e criticados na intervenção pedagógica;
- Identificar indicadores verbais de aprendizagem percebida, tais como compreensão, retenção, visualização e clareza;

- Captar manifestações de envolvimento emocional, motivacional ou atitudinal frente à tecnologia empregada;
- Evidenciar sugestões, recomendações ou comparações espontâneas feitas pelos estudantes em relação a outras metodologias.

Referenciação dos Indicadores e Preparação do Material

Unidades de registro e de contexto: Conforme propõe Bardin, a definição das unidades de análise pode se desdobrar em:

- Unidade de registro: é o elemento básico de significação que será submetido à categorização. Pode ser uma palavra, uma frase, um segmento de sentido ou até mesmo um parágrafo inteiro, desde que traga consigo uma ideia central relevante.
- Unidade de contexto: é o segmento maior no qual a unidade de registro está inserida, e que permite compreender seu sentido dentro da totalidade do discurso.

Neste estudo, optou-se por utilizar como unidade de registro os trechos das falas dos estudantes que expressam uma opinião, percepção, avaliação ou sentimento em relação à aula com a ferramenta 3D. Cada registro será considerado individualmente, ainda que provenha de uma mesma resposta. Já a unidade de contexto corresponde à resposta completa do participante à pergunta aberta, permitindo compreender a intenção discursiva de forma mais ampla.

Seleção dos indicadores de análise: A preparação do material também exigiu a identificação preliminar de indicadores de análise, ou seja, pistas linguísticas, expressões-chave ou termos recorrentes que possam sinalizar núcleos de sentido emergentes. Entre os principais indicadores identificados durante a leitura flutuante e organizados nesta etapa estão:

- Indicadores de clareza e compreensão: “facilitou”, “deu pra entender”, “visualizei melhor”, “explicou bem”;
- Indicadores de engajamento: “interessante”, “dinâmico”, “motivador”, “prendeu a atenção”;
- Comparações com métodos tradicionais: “melhor que slide”, “diferente do normal”, “mais eficaz que aula comum”;
- Expressões de avaliação geral: “ótimo”, “bom”, “excelente”, “ajudou muito”, “inovador”;
- Expressões críticas: “um pouco confuso”, “difícil de mexer”, “deveria ter mais tempo”.

Esses indicadores foram utilizados como chaves interpretativas para a construção das categorias empíricas na próxima etapa. Eles auxiliam na identificação de padrões e frequências, sem que isso implique uma análise meramente quantitativa.

Tratamento técnico do corpus: O corpus foi revisado e preparado com o objetivo de preservar a integridade discursiva dos estudantes. Foram aplicadas correções ortográficas mínimas, apenas quando indispensáveis à compreensão, sem alterar o estilo ou a espontaneidade das falas. Também foi garantido o anonimato dos participantes, identificando-os apenas por códigos (por exemplo, E1, E2... En), preservando o sigilo ético.

6.3.2. Etapa 2: Exploração do Material

No presente estudo, adotou-se um método predominantemente indutivo, conforme a abordagem clássica de Bardin, permitindo que os significados emergissem diretamente das falas dos estudantes.

Etapas internas da codificação

A codificação realizada neste estudo seguiu as seguintes etapas técnicas e metodológicas:

a) Identificação das Unidades de Registro

O primeiro passo consistiu em localizar, dentro de cada resposta, os segmentos textuais que expressavam ideias completas, emoções, avaliações ou juízos de valor em relação à experiência da aula com a ferramenta 3D. As unidades de registro não foram delimitadas por frases inteiras ou períodos fixos, mas sim por núcleos de sentido semanticamente relevantes.

Exemplo:

Resposta: “Eu achei a aula muito interessante, principalmente por conseguir ver as estruturas da orelha de forma tão clara e interativa.”

Unidade de registro 1: “aula muito interessante”

Unidade de registro 2: “ver as estruturas da orelha de forma tão clara e interativa”

b) Codificação Semântica

Após a identificação, cada unidade de registro foi codificada por meio de rótulos temáticos que sintetizavam o conteúdo expressado. Esses códigos podem ser vistos como categorias provisórias ou “etiquetas” interpretativas que antecipam a classificação final.

Exemplos de códigos atribuídos:

- “Clareza visual”
- “Interesse despertado”
- “Inovação percebida”
- “Comparação com métodos tradicionais”
- “Tempo insuficiente de uso da ferramenta”

c) Agrupamento dos Códigos em Categorias Temáticas

Posteriormente, os códigos semânticos foram reagrupados em categorias mais amplas, a partir de critérios de semelhança e recorrência. Cada categoria temática criada passou a englobar um conjunto coerente de códigos semelhantes.

A codificação seguiu os princípios de exclusividade (cada unidade atribuída a apenas uma categoria principal), homogeneidade interna (as unidades dentro de uma categoria compartilham o mesmo núcleo de sentido) e exaustividade (todas as unidades relevantes do corpus foram categorizadas).

d) Análise Individual de cada Pergunta

Pergunta 1: “Como você descreveria a sua experiência ao utilizar a plataforma 3D para estudar o sistema auditivo?”

A análise das respostas dos participantes revela uma avaliação predominantemente positiva da experiência com a plataforma 3D aplicada ao estudo do sistema auditivo humano. De modo geral, os entrevistados destacaram que a metodologia proporcionou uma vivência mais interativa, envolvente e didaticamente eficaz em comparação aos métodos tradicionais. A representação tridimensional foi percebida como um recurso capaz de ampliar a compreensão das estruturas complexas do ouvido, em especial devido à possibilidade de manipulação livre do modelo.

Essa interação ativa com o modelo digital foi apontada como um fator facilitador para o entendimento das relações anatômicas entre as partes do ouvido externo, médio e interno, como o pavilhão auricular, o meato acústico, a cadeia ossicular e a cóclea. Vários participantes relataram que a visualização espacial permitiu construir uma imagem mental mais clara e precisa da anatomia auditiva, algo que, segundo eles, seria difícil de obter com imagens planas ou explicações orais.

Pergunta 2: “O que você acha dessa metodologia em comparação com as aulas tradicionais?”

As respostas à segunda pergunta evidenciam uma percepção marcadamente positiva dos participantes quanto à metodologia baseada na plataforma 3D, especialmente quando comparada ao ensino tradicional da anatomia do sistema auditivo. A análise de conteúdo permitiu a identificação de duas categorias temáticas principais: “Comparação Favorável com Método Tradicional” e “Complementaridade do Método 3D”.

A primeira e mais recorrente categoria refere-se à percepção de superioridade da metodologia 3D em relação às aulas convencionais, frequentemente caracterizadas por exposição oral, uso de imagens bidimensionais ou leitura de textos. Os participantes afirmaram que a abordagem tridimensional proporcionou maior clareza e compreensão dos conteúdos, especialmente por permitir uma visualização dinâmica e espacial das estruturas anatômicas. Termos como “mais interessante”, “melhor aproveitamento”, “mais fácil de entender” e “mais interativa” foram frequentemente utilizados nas respostas, sugerindo que a tecnologia não apenas facilitou a aprendizagem, como também aumentou o envolvimento dos estudantes com o conteúdo.

A segunda categoria diz respeito à complementaridade entre a plataforma 3D e o método tradicional. Alguns participantes ressaltaram que, embora a tecnologia não substitui totalmente o ensino teórico, ela o complementa de maneira eficaz. A visualização tridimensional das estruturas do ouvido foi apontada como uma ferramenta de apoio que reforça o aprendizado e possibilita um entendimento mais aprofundado, especialmente de áreas difíceis de serem interpretadas por meio de ilustrações planas.

Pergunta 3: “Você sentiu que ficou mais engajado(a) com o conteúdo durante a atividade? O que contribuiu para isso?”

As respostas dos participantes indicam, de forma consistente, que a metodologia baseada em visualização tridimensional contribuiu significativamente para o aumento do engajamento com o conteúdo. A análise

permitiu a identificação de duas categorias temáticas centrais: “Engajamento e interatividade” e “Motivação para estudar”.

A primeira categoria, engajamento e interatividade, compreende as respostas que associam o aumento do interesse e da atenção dos estudantes à possibilidade de manipular ativamente os modelos anatômicos em 3D. A visualização detalhada e em tempo real das estruturas do sistema auditivo foi apontada como um fator que intensificou a concentração e a participação. Muitos participantes relataram que se sentiram “mais dentro da aula”, que o conteúdo “prendeu mais a atenção” e que a experiência foi “mais envolvente” do que a habitual. O aspecto interativo, ao permitir que o estudante girasse, ampliasse e explorasse as estruturas livremente, foi identificado como elemento chave para esse tipo de envolvimento ativo com o material.

A segunda categoria, motivação para estudar, diz respeito à percepção dos estudantes de que a atividade com a plataforma despertou maior interesse pelo tema e favoreceu uma atitude mais positiva frente ao aprendizado. Os participantes relataram que o recurso visual e tridimensional tornou a aprendizagem “mais leve”, “menos cansativa” e “diferente do comum”, o que gerou um impulso motivacional espontâneo para compreender as estruturas anatômicas. Em vez de encararem o conteúdo como uma tarefa obrigatória, muitos passaram a vê-lo como algo instigante e acessível, o que contribuiu diretamente para o aumento do engajamento cognitivo e emocional.

Pergunta 4: “Como você percebeu o engajamento dos seus colegas durante a atividade?”

As respostas dos participantes à quarta pergunta permitiram identificar dois eixos temáticos: “engajamento observado nos colegas” e “ausência de percepção clara sobre o comportamento coletivo”.

O primeiro eixo, engajamento observado nos colegas, abrange respostas que expressam a percepção de que os demais estudantes também se mostraram interessados, participativos e envolvidos com a atividade. Alguns entrevistados mencionaram que os colegas “estavam empolgados”, “participaram bastante”, “estavam mais atentos” ou “interagiram mais do que o

habitual". Essas observações indicam que a percepção de engajamento não foi apenas individual, mas estendeu-se ao ambiente coletivo, sugerindo que a proposta pedagógica baseada em visualização tridimensional promoveu um clima geral de envolvimento e curiosidade. Essa percepção compartilhada reforça a ideia de que o uso da plataforma 3D impactou positivamente a dinâmica da turma durante o estudo das estruturas do ouvido humano, especialmente pela natureza visual e exploratória da ferramenta.

Por outro lado, emergiu também um segundo eixo temático: ausência de percepção clara sobre o comportamento dos colegas. Alguns participantes afirmaram que “não prestaram atenção nos outros” ou “não souberam dizer” como os colegas reagiram. Embora essas respostas sejam minoria (3 observações), elas revelam que, para alguns estudantes, a experiência teve um caráter mais introspectivo ou individualizado, o que pode estar relacionado ao foco pessoal na exploração do conteúdo ou à natureza da atividade, que talvez tenha sido mais centrada em interações com o modelo do que com os pares.

Pergunta 5: “Quais aspectos da metodologia você achou mais fáceis ou interessantes de utilizar?”

As respostas à quinta pergunta demonstram que os estudantes valorizaram especialmente os elementos que contribuíram para a interação direta com o conteúdo anatômico e a compreensão visual das estruturas auditivas, organizando-se em duas categorias centrais: “facilidade de uso e manipulação” e “clareza visual e tridimensionalidade”.

A primeira categoria, facilidade de uso e manipulação, engloba os relatos que destacam a intuitividade da plataforma e a liberdade de controle exercida sobre os modelos 3D. Muitos participantes mencionaram que acharam simples e agradável a forma como podiam girar, ampliar e explorar o modelo anatômico do ouvido. A possibilidade de manipulação individualizada do conteúdo foi frequentemente associada a uma experiência ativa e personalizada de aprendizagem, favorecendo o entendimento de regiões específicas, como o canal auditivo, os ossículos e a cóclea. Esse tipo de controle direto da visualização foi citado como um fator de destaque tanto pela sua facilidade de

operação quanto pelo efeito positivo sobre a concentração e a autonomia do estudante.

A segunda categoria, clareza visual e tridimensionalidade, diz respeito à valorização da visualização espacial proporcionada pela plataforma. Os participantes relataram que a representação tridimensional permitiu perceber melhor a forma e o posicionamento das estruturas, favorecendo uma compreensão mais concreta das relações internas do sistema auditivo. A profundidade e o realismo do modelo foram vistos como elementos que facilitaram a construção mental das conexões anatômicas entre o ouvido externo, médio e interno, algo que, segundo os entrevistados, é difícil de alcançar por meio de livros ou figuras bidimensionais. Em alguns casos, os estudantes associaram esse tipo de visualização à sensação de "ver como realmente é" ou "entender como funciona dentro do corpo", o que revela o valor atribuído à tridimensionalidade para a aprendizagem.

Pergunta 6: “Quais dificuldades você encontrou ao usar a plataforma 3D?”

As respostas à sexta pergunta apontam que, em geral, a experiência dos participantes com a plataforma foi positiva, com poucos relatos de obstáculos significativos. A análise permitiu identificar dois eixos temáticos predominantes: “limitações técnicas e operacionais” e “ausência ou minimização de dificuldades”.

O primeiro eixo, limitações técnicas e operacionais, agrupa as respostas que relatam dificuldades pontuais relacionadas ao uso da plataforma. Alguns participantes mencionaram, por exemplo, dificuldades iniciais para compreender como manipular os modelos ou localizar estruturas específicas do sistema auditivo. Em alguns casos, observou-se também a menção a limitações de visualização em dispositivos com tela pequena, o que pode ter comprometido a clareza de detalhes mais finos.

O segundo eixo, ausência ou minimização de dificuldades, foi expressivo entre os participantes, com relatos que afirmam não ter encontrado dificuldades relevantes ou que consideraram a navegação intuitiva. Expressões como “achei fácil de usar”, “não tive dificuldade” e “foi tranquilo” foram recorrentes, indicando

uma boa adaptação dos estudantes à tecnologia. Esse dado reforça a percepção de que a usabilidade da plataforma foi adequada ao perfil dos usuários e que o recurso pode ser integrado com facilidade em ambientes de aprendizagem, mesmo entre estudantes sem experiência prévia com esse tipo de ferramenta.

Pergunta 7: “Existe algo que você acredita que poderia ser melhorado para facilitar a utilização da metodologia?”

Entre as sugestões apresentadas pelos participantes para aprimorar a utilização da plataforma 3D, destacou-se a demanda por rótulos e descrições anatômicas integradas ao modelo. Essa necessidade emergiu como um eixo temático específico dentro das respostas à sétima pergunta, evidenciando a importância de recursos visuais complementares à manipulação tridimensional para apoiar a identificação e compreensão das estruturas do sistema auditivo.

A ausência de rótulos automáticos ou interativos foi apontada como um fator que gerou dificuldades em reconhecer ou nomear algumas das partes representadas no modelo, especialmente aquelas de menor dimensão ou que não possuem correspondência visual intuitiva para quem está em fase inicial de aprendizagem anatômica. Para superar esse obstáculo, os entrevistados sugeriram a inclusão de legendas flutuantes ou botões informativos, que possibilitassem ao usuário acessar o nome da estrutura e uma breve descrição funcional. Tais recursos seriam especialmente úteis para o estudo autônomo, pois possibilitariam a verificação imediata do conteúdo sem a necessidade de consulta paralela a fontes externas.

Pergunta 8: “A experiência despertou algum interesse maior pela área da saúde ou pela anatomia? Como?”

A análise das respostas à oitava pergunta revelou que, diferentemente do que a formulação da questão poderia sugerir, não houve relatos de despertar de um novo interesse pela área da saúde ou pela anatomia, uma vez que todos os participantes já estavam inseridos em cursos voltados para essa área do conhecimento. Em vez disso, os depoimentos indicaram que a atividade com a plataforma 3D contribuiu significativamente para o reforço do engajamento com os estudos e para o aumento da compreensão anatômica.

Pergunta 9: “Você acredita que essa metodologia ajuda a preparar melhor os alunos para a prática profissional na área da saúde? Por quê?”

As respostas dos participantes à nona pergunta indicam que a utilização da plataforma 3D no estudo do sistema auditivo foi percebida como uma estratégia eficaz de apoio à formação profissional na área da saúde. Os estudantes destacaram, de forma recorrente, que a metodologia contribuiu para aproximar o conteúdo teórico da vivência prática, favorecendo uma compreensão mais concreta da anatomia que será aplicada em contextos clínicos. A possibilidade de observar as estruturas tridimensionalmente, explorar seus detalhes e relações espaciais permitiu que o conhecimento deixasse de ser apenas abstrato ou decorativo, passando a ter significado funcional e visual, o que reforça a preparação para a prática.

Além disso, foi amplamente reconhecido o potencial da plataforma para ser utilizada fora do ambiente institucional, como recurso complementar aos estudos realizados na universidade. A acessibilidade digital da ferramenta oferece aos estudantes a oportunidade de revisar o conteúdo em seu próprio ritmo e de forma autônoma, o que amplia significativamente o tempo e as condições de estudo. Esse aspecto foi considerado um diferencial importante para aprofundar a aprendizagem, sobretudo em momentos em que o acesso presencial a laboratórios ou materiais físicos é limitado.

Obtenção das frequências das Categorias temáticas

As unidades de registro foram agrupadas conforme a categoria a que pertenciam. Em seguida, foi contabilizado o número de entrevistas nas quais cada categoria apareceu de forma explícita ou inferida com clareza. Unicamente foi contabilizada a presença ou ausência da categoria em cada entrevista, embora algumas tivessem múltiplas ocorrências nas falas dos estudantes, já que não acrescentam informação relevante para o entendimento da experiência.

Para sistematizar os resultados e interpretar o peso relativo de cada categoria na percepção dos participantes, as frequências foram classificadas segundo o seguinte critério:

- Baixa frequência: categorias mencionadas em 1 a 3 entrevistas ($\leq 33\%$)
- Frequência média: categorias mencionadas em 4 a 6 entrevistas (entre 34% e 66%)
- Alta frequência: categorias mencionadas em 7 a 9 entrevistas ($\geq 67\%$)

Tabela 5. Resumo das categorias temáticas resultantes da codificação de unidades de registro.

Categoria Temática	Frequência (N - %)	Classificação	Exemplo de Fala Representativa
Facilidade de Aprendizagem	9 (100%)	Alta	<i>“Foi ótimo, porque mesmo eu não conseguindo decorar eu consegui entender o que estava vendo.” Entrevistado 3</i>
Visualização Tridimensional	9 (100%)	Alta	<i>“Acho que é bem melhor que a 2D porque conseguimos ver tudo certinho, bem mais completo.” Entrevistado 5</i>
Engajamento e Interatividade	9 (100%)	Alta	<i>“Achei mais interativo do que só assistir a aula.” Entrevistado 6</i>
Comparação Favorável com Método Tradicional	7 (77%)	Alta	<i>“Bem mais eficaz do que só com slides, a imagem tridimensional ajuda muito.” Entrevistado 1</i>
Experiência Positiva e Inovadora	9 (100%)	Alta	<i>“Foi uma experiência muito boa, diferente, bem inovadora e que ajudou muito a entender.” Entrevistado 9</i>

Desafios Iniciais com a Ferramenta	3 (33%)	Baixa	<i>“No começo fiquei um pouco perdida com os comandos, mas depois peguei o jeito.”</i> <i>Entrevistado 4</i>
Complementaridade do Método 3D	5 (55%)	Média	<i>“A aula normal com slides é boa, mas o 3D veio para complementar.”</i> Entrevistado 2
Motivação para estudar	6 (66%)	Média	<i>“Me senti mais motivada porque consegui visualizar melhor, me deu mais vontade de estudar.”</i> <i>Entrevistado 7</i>
Impressões sobre o Coletivo da Turma	3 (33%)	Baixa	<i>“Vi que todos estavam mais envolvidos, comentando juntos o que estavam vendo.”</i> <i>Entrevistado 8</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

6.3.3. Etapa 3: Tratamento dos Resultados e Interpretação

Nesta fase final as categorias temáticas foram analisadas em relação aos objetivos da pesquisa, às hipóteses de trabalho e ao referencial teórico adotado. A análise vai além da descrição dos achados, promovendo um processo de inferência crítica, em que os sentidos extraídos das falas dos participantes são contextualizados no universo da prática educativa e das tecnologias aplicadas ao ensino da saúde.

Articulação com os Objetivos da Pesquisa

O objetivo geral da pesquisa consistiu em avaliar o potencial de desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta de realidade aumentada (RA) voltada para o ensino do órgão auditivo humano. A partir das análises realizadas,

é possível verificar que esse objetivo foi plenamente contemplado. As falas dos estudantes revelam uma apreciação significativa da ferramenta quanto à sua clareza visual, interatividade e contribuição para a compreensão das estruturas anatômicas da orelha externa, média e interna. Essa percepção reforça a pertinência do recurso como estratégia pedagógica inovadora e eficaz, alinhando-se à proposta investigativa central.

No que tange aos objetivos específicos, o primeiro, de elaborar os componentes tridimensionais do órgão auditivo humano, está presente nas respostas dos participantes que destacaram a riqueza de detalhes anatômicos, a visualização ampliada e o reconhecimento facilitado das estruturas internas da orelha. Os depoimentos reforçam que o modelo 3D desenvolvido proporcionou uma representação didática fiel e comprehensível do conteúdo.

O segundo objetivo, referente ao desenvolvimento do aplicativo baseado em RA, é corroborada pelas menções dos estudantes à facilidade de uso, à interface amigável e à sensação de imersão proporcionada pela tecnologia. As avaliações espontâneas do aplicativo indicam que a ferramenta foi bem aceita do ponto de vista técnico e pedagógico, revelando-se funcional e relevante para o processo de ensino-aprendizagem.

O terceiro objetivo, que propõe analisar a aprendizagem de alunos antes e após a participação na aula com a ferramenta de RA, foi complementada pela análise qualitativa. As percepções dos estudantes indicam uma evolução no entendimento do conteúdo, acompanhada de comentários sobre a assimilação mais concreta e visual, sugerindo uma correlação positiva entre o uso da tecnologia e o ganho de aprendizagem. Ainda que essa constatação seja reforçada pelos dados quantitativos, a análise qualitativa oferece uma camada interpretativa mais rica e subjetiva dessa experiência de aprendizagem.

Por fim, o quarto objetivo, que visa avaliar a experiência do usuário com o aplicativo, utilizando a técnica de análise de conteúdo de Bardin, encontra

ressonância direta nas categorias temáticas emergentes, as quais sintetizam a vivência dos estudantes com a ferramenta, revelando pontos fortes e aspectos a aprimorar. A abordagem metodológica de Bardin permitiu identificar padrões de sentido nas falas, os quais traduzem a efetividade do recurso não apenas como ferramenta de ensino, mas como experiência de aprendizagem significativa e motivadora.

Confronto com o Grupo Controle

No tratamento dos dados, a subetapa de confronto com o grupo controle permitiu uma análise crítica e aprofundada das diferenças qualitativas entre os estudantes que participaram da intervenção com realidade aumentada (grupo experimental) e aqueles que vivenciaram a mesma temática por meio da metodologia tradicional (grupo controle). Esse confronto revelou contrastes significativos, tanto no que diz respeito à experiência pedagógica quanto na forma como o conteúdo foi assimilado e representado pelos discentes.

Os participantes do grupo experimental descreveram a aula com realidade aumentada como envolvente, inovadora e facilitadora da aprendizagem. As categorias emergentes como “engajamento”, “interatividade” e “facilidade de compreensão” evidenciam que a utilização de uma ferramenta tridimensional potencializou a retenção do conhecimento e o entendimento das estruturas anatômicas do sistema auditivo. Além disso, as falas indicam que a aula estimulou maior participação ativa dos alunos, despertando curiosidade, interesse e motivação para o aprendizado.

Em contraste, os estudantes do grupo controle, que participaram da aula com abordagem tradicional, relataram uma experiência de aprendizagem mais limitada, marcada por menor dinamismo e engajamento. As respostas evidenciam que, embora o conteúdo tenha sido compreendido em termos básicos, houve dificuldades em visualizar e internalizar a organização espacial e funcional das estruturas da orelha. Os estudantes do grupo controle não

mencionaram sensações de entusiasmo ou estímulo, e em diversas falas expressaram que a aula foi "comum", "habitual" e "sem novidade", revelando uma vivência menos impactante e mais centrada na recepção passiva de informações.

Esse confronto evidencia que a metodologia utilizada no grupo experimental foi capaz de transformar a experiência educativa, não apenas pela inovação tecnológica, mas pela forma como possibilitou aos alunos se apropriarem ativamente do conhecimento. A realidade aumentada ampliou as possibilidades de visualização, compreensão e exploração autônoma do conteúdo, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. Em oposição, a metodologia tradicional demonstrou limitações quanto à capacidade de despertar o interesse contínuo dos estudantes e favorecer a apreensão de conteúdos mais complexos, como os relacionados à anatomia do ouvido humano.

A análise comparativa reforça que o diferencial não esteve apenas na tecnologia em si, mas no tipo de experiência pedagógica que ela proporcionou. A realidade aumentada funcionou como mediadora entre o conhecimento e o aprendiz, enquanto a aula tradicional se manteve centrada na exposição unilateral do conteúdo. Essa distinção repercutiu diretamente na forma como os estudantes compreenderam e valorizaram o processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, o confronto com o grupo controle confirma que a adoção de metodologias tecnológicas inovadoras, como a realidade aumentada, contribui não só para a melhoria dos indicadores de aprendizagem, mas também para a qualidade da experiência educativa. Este achado reforça a pertinência de repensar práticas pedagógicas tradicionais, buscando metodologias que promovam maior envolvimento, compreensão e protagonismo dos estudantes.

Considerações Críticas e Inferências

Na terceira etapa da análise de conteúdo, os dados já codificados e categorizados foram organizados para permitir a construção de inferências e interpretações críticas à luz dos objetivos da pesquisa. Essa fase consistiu em ir além da descrição dos discursos dos participantes, buscando compreender os sentidos atribuídos à experiência educativa, especialmente no que se refere à comparação entre os dois grupos participantes. As considerações críticas permitiram identificar que a utilização da realidade aumentada (RA) teve repercussões significativas na forma como os estudantes se envolveram com o conteúdo. As falas do grupo experimental indicam uma aprendizagem mais significativa, mediada por aspectos sensoriais e interativos. A possibilidade de manipular modelos tridimensionais, explorar virtualmente as estruturas da orelha e associar imagem com função despertou interesse, favoreceu a compreensão espacial e estimulou a retenção da informação. Os relatos evidenciam uma dimensão experiencial da aprendizagem que transcende a simples recepção passiva de conteúdos.

Em contrapartida, os estudantes do grupo controle apresentaram uma experiência de aprendizagem mais linear e menos envolvente. As falas, embora reconheçam a clareza da exposição oral e visual tradicional, demonstram um menor nível de entusiasmo, apontando que o modelo utilizado não conseguiu manter a atenção de forma constante nem estimular um aprendizado ativo. Em algumas respostas, os estudantes relatam que tiveram dificuldade para visualizar as estruturas internas da orelha apenas com imagens bidimensionais, o que limitou a compreensão de certas funções anatômicas.

A partir dessa análise comparativa, torna-se possível inferir que a experiência educativa mediada por RA agregou valor ao processo formativo ao promover um ambiente mais participativo, visualmente estimulante e cognitivamente desafiador. Essa metodologia possibilitou aos estudantes uma apropriação mais concreta do conteúdo, facilitando tanto a memorização quanto a aplicação prática do conhecimento adquirido.

Além disso, outra inferência relevante é a de que a integração de tecnologias imersivas no ensino de conteúdos tradicionalmente complexos pode

reduzir a distância entre teoria e prática, tornando a aprendizagem mais acessível e eficaz. Esse resultado é particularmente relevante no contexto da formação em saúde, onde a compreensão acurada de estruturas anatômicas é essencial para o desenvolvimento de competências clínicas.

Por fim, as considerações críticas apontam para a necessidade de revisão das metodologias de ensino utilizadas em cursos da área da saúde, incentivando a adoção de práticas pedagógicas mais inovadoras e centradas no estudante. O sucesso da intervenção com RA demonstra que metodologias ativas, especialmente aquelas que utilizam recursos tecnológicos interativos, podem contribuir significativamente para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem, desde que estejam bem estruturadas e alinhadas aos objetivos educacionais.

6.4 Observações do pesquisador

Durante a aplicação da metodologia com a ferramenta 3D, estavam presentes 38 alunos do primeiro semestre do curso de Graduação em Enfermagem da Universidade Federal do Ceará. A sala de aula na qual a metodologia foi aplicada era climatizada, em tamanho suficiente para acomodar todos os alunos de forma confortável e espaçada e estava equipada com projetor disponível para o uso. O início da aula atrasou em cerca de 1 hora devido a seminários que os estudantes estavam apresentando para a disciplina anterior e isso fez com que a aplicação da metodologia acontecesse muito próxima do horário do almoço, em um momento em que os alunos estavam cansados e ansiosos.

Durante a aplicação da metodologia, apesar dos contratemplos, a maioria dos estudantes conseguiu se concentrar e participar, entretanto alguns alunos estavam distraídos com a tela do smartphone. Com a evolução da aula e com a utilização da ferramenta 3D, a atenção dos alunos mais dispersos foi sendo atraída pela tecnologia educacional e alguns dos que estavam dispersos puderam se concentrar melhor embora a atenção desses ainda permaneceu variando entre a aula e a tela do smartphone ao longo de todo o processo.

O nível de interação da turma foi, em geral, melhor entre os alunos que estavam sentados nas primeiras fileiras. Ao final da aplicação da metodologia, os alunos se mostraram bastante solícitos em responder os pós teste e as entrevistas.

A aplicação da metodologia tradicional com o grupo do curso de Farmácia ocorreu em ambiente físico semelhante ao do grupo de Enfermagem, em sala de aula climatizada, com espaço adequado para acomodar os 42 estudantes presentes de forma confortável e organizada. A infraestrutura da sala contava com projetor multimídia funcional e mobiliário em boas condições, favorecendo o desenvolvimento da atividade sem limitações logísticas ou estruturais.

Diferentemente da aula ministrada com a ferramenta 3D, não foram registrados contratemplos relacionados ao horário ou à disponibilidade dos alunos, de modo que a atividade iniciou pontualmente e seguiu seu cronograma previsto. A ausência de atrasos ou interrupções favoreceu uma condução fluida da exposição do conteúdo sobre a anatomia da orelha humana, realizada por meio de recursos tradicionais, como slides estáticos, esquemas bidimensionais e explicação verbal do docente.

No entanto, observou-se que, apesar do bom andamento da aula e da organização do ambiente, o nível de engajamento e participação ativa dos estudantes foi consideravelmente inferior ao observado no grupo de Enfermagem. A interação entre docente e discentes foi mais limitada, com menor número de perguntas, intervenções espontâneas ou demonstrações de interesse visível ao longo da exposição. Ainda que a maioria dos estudantes tenha se mantido atenta, houve sinais de fadiga atencional e dispersão em alguns momentos, especialmente entre os alunos das fileiras mais distantes do quadro.

6.5. Triangulação de Métodos

Com o objetivo de integrar os resultados obtidos por meio de diferentes abordagens metodológicas, foi elaborada uma tabela comparativa entre os

achados quantitativos e qualitativos da pesquisa. A construção dessa tabela teve como finalidade operacionalizar a triangulação de métodos, conforme proposto nas abordagens de pesquisa mista, permitindo uma análise cruzada entre os dados numéricos (derivados dos testes estatísticos de Wilcoxon e Kruskal-Wallis) e os dados textuais (obtidos por meio de entrevistas analisadas segundo a técnica de análise de conteúdo de Bardin, 1977).

Essa triangulação metodológica possibilitou identificar tanto convergências quanto incongruências entre os resultados, ampliando a compreensão sobre os efeitos da realidade aumentada no processo de aprendizagem. Ao contrastar, por exemplo, os ganhos de desempenho mensurados pelo número de acertos nos testes com as percepções dos estudantes sobre compreensão, engajamento e usabilidade, foi possível interpretar os resultados de forma mais contextualizada e profunda, considerando aspectos objetivos e subjetivos da experiência educacional.

Tabela 6. Comparação entre Resultados Quantitativos e Qualitativos.

Aspecto Avaliado	Resultados Quantitativos	Resultados Qualitativos	Síntese Integrada
Desempenho acadêmico	Houve melhora estatisticamente significativa entre pré-teste e pós-teste dentro de ambos os grupos ($p < 0,05$). Porém, não houve diferença significativa entre os pós-testes de controle e experimental ($p>0,05$).	Participantes do grupo experimental relataram que a RA facilitou a compreensão, destacando a visualização 3D como diferencial de aprendizado.	Ambos os grupos melhoraram; o grupo experimental percebeu mais clareza e facilidade.
Engajamento com a atividade	Não avaliado por testes e/ou questionários objetivos.	Estudantes que utilizaram RA relataram maior motivação, atenção e participação durante a atividade.	Dados qualitativos apontam maior engajamento com a metodologia ativa.
Facilidade de uso da	Não avaliado por testes e/ou questionários	Participantes mencionaram que a	Usabilidade geral positiva, com

ferramenta	objetivos.	ferramenta foi de uso intuitivo, embora tenham apontado dificuldade inicial e ausência de rótulos anatômicos.	sugestões de ajustes para melhorar a experiência.
Sugestões de melhoria	Não aplicável.	Sugestões incluíram: inclusão de rótulos anatômicos, legendas explicativas e orientações iniciais sobre o uso da plataforma.	Dados qualitativos oferecem direções claras para otimização da metodologia.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Os dados quantitativos revelaram melhora significativa no desempenho dos estudantes do grupo experimental (Enfermagem), que participaram de uma aula com apoio da ferramenta de realidade aumentada. A comparação intragrupo evidenciou um aumento estatisticamente relevante nas médias do pós-teste em relação ao pré-teste. Por outro lado, o grupo controle (Farmácia), que recebeu a mesma aula com metodologia tradicional, também apresentou melhora, mas com menor magnitude e sem diferença significativa entre os grupos no pós-teste ($p = 0,8960$). Esses achados sugerem que ambas as metodologias foram eficazes, mas que a realidade aumentada pode ter promovido ganhos adicionais em termos de engajamento e atenção, ainda que não se refletissem diretamente em diferenças estatísticas significativas nos escores finais.

Esse cenário foi melhor compreendido a partir dos dados qualitativos, os quais ofereceram uma leitura mais profunda sobre a experiência de aprendizagem dos estudantes expostos à intervenção inovadora. As falas dos participantes evidenciaram altos níveis de interesse, curiosidade e envolvimento, especialmente em relação à visualização tridimensional das estruturas anatômicas. As categorias temáticas emergentes como facilidade de compreensão, imersão, interação com o conteúdo e preferência por

metodologias ativas, ilustram como a ferramenta contribuiu para tornar o conteúdo mais acessível, didático e significativo para os alunos.

A triangulação dos dados revelou, portanto, que os efeitos da metodologia baseada em realidade aumentada não se restringem apenas ao desempenho acadêmico mensurado por testes objetivos, mas abrangem também dimensões afetivas, motivacionais e perceptivas do processo de aprendizagem. Essa análise integrada permitiu validar e contextualizar os resultados quantitativos, atribuindo-lhes maior profundidade e interpretabilidade.

Adicionalmente, o contraste com o grupo controle evidenciou diferenças importantes no nível de engajamento e na percepção da aula, ainda que os escores finais entre os grupos não tenham diferido estatisticamente. Enquanto os estudantes do grupo controle relataram uma experiência tradicional e pouco inovadora, os do grupo experimental destacaram a novidade, a interatividade e o suporte visual como fatores facilitadores da aprendizagem.

7. DISCUSSÃO

7.1. Análise Sociodemográfica

Do ponto de vista do desenvolvimento humano, a predominância da faixa de 18 a 24 anos sugere uma população em fase de transição entre a adolescência tardia e a adultez emergente (Gobbo *et al.*, 2023). Esse período é marcado por transformações significativas na autonomia pessoal, no raciocínio abstrato, na estabilidade emocional e na busca por identidade profissional e social. No contexto acadêmico, esses estudantes tendem a apresentar maior abertura à aprendizagem experiencial, à construção coletiva do conhecimento e à valorização de estratégias didáticas interativas, como recursos audiovisuais, atividades práticas e uso de tecnologias educacionais.

Além disso, do ponto de vista psicossocial, essa faixa etária tende a valorizar o pertencimento a grupos, o reconhecimento por pares e o engajamento em atividades que façam sentido com sua realidade vivencial (Pool *et al.*, 2021). Tais características podem influenciar diretamente a forma como esses estudantes se envolvem com conteúdos como a anatomia humana, podendo demandar abordagens pedagógicas mais dinâmicas, contextualizadas e interdisciplinares.

No contexto da formação acadêmica, a presença majoritária de mulheres pode influenciar a dinâmica das turmas, os processos de interação pedagógica e as estratégias de ensino e aprendizagem. Estudos têm apontado que, em geral, alunas apresentam níveis mais altos de comprometimento acadêmico, maior frequência às atividades de ensino e um padrão de engajamento consistente com a aprendizagem autônoma (Jiang *et al.*, 2022). Isso, no entanto, não deve ser interpretado de forma determinista, mas sim como uma tendência que pode contribuir para uma ambiência formativa mais colaborativa e sensível às práticas de cuidado e humanização.

Além disso, compreender o predomínio feminino no corpo discente pode oferecer subsídios relevantes para o desenvolvimento de políticas institucionais voltadas ao apoio psicossocial, à equidade de gênero e à valorização das trajetórias femininas no ensino superior (Dias, 2020). Programas de inclusão da mulher na educação promovidos pelo governo com programas como o Programa “Mulheres Mil”, do Ministério da Educação, buscam promover a inclusão educacional e social de mulheres em situação de vulnerabilidade, embora sua abordagem seja em programas técnicos e de pregação, esta pode ser a porta para aspirar a programas de posgrado (Ministério de educação, 2023). É preciso considerar, por exemplo, que muitas estudantes do sexo feminino conciliam a formação acadêmica com atividades laborais e, em alguns casos, com responsabilidades familiares, o que pode gerar desafios específicos quanto à permanência e ao desempenho no curso (Ferreira & Bueno, 2022).

Ademais, esse recorte pode ser útil na interpretação de resultados relacionados à percepção de conteúdos curriculares e ao desempenho em avaliações, como o pré-teste aplicado. Pesquisas indicam que fatores como autoconfiança acadêmica, estilo de aprendizagem e estratégias de estudo podem apresentar variações em função do sexo, o que deve ser considerado na análise mais ampla dos dados da pesquisa.

O fator entre gênero e rendimento escolar, de acordo com Sanches (2021), não evidenciou correlações entre as variáveis, mas teve um impacto positivo para atingir objetivos de aprendizagem. Porém, esses resultados são contraditórios com os de Cominetti e Ruiz (1997), que confirmam que o fator gênero ajuda a modular as relações sobre o rendimento escolar.

Do ponto de vista sociológico e do desenvolvimento humano, o estado civil é um marcador relevante para compreender as condições de vida dos estudantes, especialmente no que diz respeito à disponibilidade de tempo, às responsabilidades domésticas, à estabilidade emocional e ao suporte social (Finkel & Barañano, 2014). A predominância do status de solteiro(a) sugere que a maioria dos respondentes não possui vínculos familiares formais, o que pode

representar, por um lado, maior flexibilidade para a dedicação aos estudos e às atividades acadêmicas (Fonseca, 2019). Por outro lado, também pode indicar possíveis situações de vulnerabilidade social e econômica, sobretudo entre estudantes que não contam com apoio financeiro familiar ou que precisam conciliar trabalho e estudo para garantir a própria subsistência.

É importante ressaltar que o estado civil pode interferir em variáveis secundárias relevantes, como nível de estresse, tempo de estudo extraclasse, disponibilidade para atividades práticas e participação em projetos acadêmicos (Domênecis, 2025). Estudantes casados(as) ou em união estável costumam vivenciar demandas distintas, como a gestão da rotina familiar, o cuidado com filhos(as) e a divisão de responsabilidades com o(a) parceiro(a), o que pode impactar diretamente sua experiência formativa e seu desempenho acadêmico.

Além disso, o fato de a amostra ser quase totalmente composta por indivíduos solteiros pode ser um indicativo do momento de vida típico de estudantes de graduação em cursos integrais ou com alta carga horária, como é comum nas ciências da saúde. Tal configuração reforça a importância de políticas institucionais voltadas ao acolhimento e apoio estudantil, que considerem não apenas aspectos acadêmicos, mas também fatores pessoais e relacionais que afetam a permanência e o êxito no ensino superior.

Ambos os cursos estão inseridos no campo das ciências biomédicas e da saúde, porém apresentam enfoques distintos em termos de atuação profissional, organização curricular e competências desenvolvidas. O curso de Farmácia tende a formar profissionais com sólida base em química, biologia e farmacologia, com ênfase na manipulação e dispensação de medicamentos, atenção farmacêutica e atuação em análises clínicas (Conselho Federal de Farmácia, 2019). Já o curso de Enfermagem centra-se na formação de profissionais voltados ao cuidado direto com o paciente, com forte componente humanístico e foco em práticas assistenciais em diferentes níveis de atenção à saúde (Conselho Federal de Enfermagem, 2024).

Essas distinções repercutem na forma como os estudantes se relacionam com conteúdos anatômicos, como os abordados nesta pesquisa. Estudantes de

Enfermagem, por exemplo, tendem a valorizar o aprendizado anatômico como base essencial para procedimentos clínicos, técnicas de enfermagem e compreensão do estado fisiológico do paciente. Já os estudantes de Farmácia podem enxergar a anatomia sob a ótica da farmacodinâmica, da farmacocinética e da interpretação de exames laboratoriais.

Estas diferenças estão em concordância com o encontrado por (Ugarte et al., 2021) onde integram estudantes de medicina, enfermagem e farmácia que abrangem 5 itens da educação interprofissional (EIP), entre eles: trabalho em equipe, reconhecimento de papéis e resolução de conflitos. Porém, o fato de que os estudantes realizem as atividades juntos não assegura o aprendizado conjunto. Além disso, o autor menciona que para lograr um EIP efetivamente, é necessário que os programas sejam orientados para esta estratégia pedagógica, redefinindo o currículo em que se introduzem, as competências que se desejam desenvolver e a metodologia a ser usada.

Outro aspecto relevante refere-se ao perfil acadêmico e motivacional dos estudantes. Estudos indicam que alunos de enfermagem escolhem o curso motivados por vocações ligadas ao cuidado, ao contato interpessoal e à assistência, o que pode influenciar suas estratégias de aprendizagem e sua sensibilidade aos aspectos clínicos do conteúdo. Por sua vez, os discentes de Farmácia costumam demonstrar interesse por áreas laboratoriais, pesquisa científica e inovação tecnológica, o que pode impactar suas preferências didáticas e expectativas quanto à aplicação prática do conhecimento.

O anterior tem concordância com o estudo realizado por Arenas-Ramírez, (2023), onde menciona que 50% dos estudantes participantes tiveram como primeira opção de ensino superior a graduação em enfermagem, demonstrando vocação para atuar com alta confiança na recuperação da saúde, realizando ações de promoção à saúde com familiares e amigos, analisando previamente suas ações diante de dilemas éticos e mostrando-se capaz de ouvir atentamente e oferecer cuidados de qualidade de forma equitativa.

Além disso, o ambiente de formação e o estilo pedagógico adotado nos dois cursos também podem contribuir para a diferença no desempenho acadêmico e nas percepções dos estudantes em relação aos conteúdos oferecidos (Alves *et al.*, 2023). As metodologias utilizadas, o nível de exigência dos componentes curriculares e a carga horária prática podem variar substancialmente entre os cursos, influenciando o engajamento dos discentes com temas específicos, como a anatomia da orelha (Kember, 2004).

Essa composição socioeconômica evidencia um perfil estudantil majoritariamente vinculado a camadas sociais de renda baixa e média-baixa, característica que é comum entre estudantes de instituições públicas ou programas de acesso ampliado ao ensino superior (De Almeida *et al.*, 2020). A limitação de recursos financeiros pode impactar diretamente a vivência acadêmica desses discentes, influenciando desde a capacidade de aquisição de materiais didáticos até o acesso a tecnologias digitais, transporte, alimentação e condições adequadas de estudo no ambiente domiciliar. (De Almeida *et al.*, 2020)

Além disso, a renda familiar está frequentemente associada a outros fatores estruturantes, como a necessidade de conciliar estudo e trabalho, o tempo disponível para atividades extracurriculares e o risco de evasão por dificuldades financeiras (Gomes, 2025). Estudantes de baixa renda podem enfrentar maior sobrecarga física e emocional, o que tende a afetar o desempenho acadêmico, a saúde mental e o engajamento com atividades formativas complementares, como monitorias, estágios voluntários e iniciação científica (Adedokun, 2024).

Outro aspecto a ser considerado é a relação entre a renda e o capital cultural e educacional disponível na família. Famílias com maior renda tendem a oferecer maiores estímulos educacionais, como livros, internet de qualidade, espaços adequados para estudo e, muitas vezes, um ambiente familiar com membros que já passaram pela universidade (Carreira *et al.*, 2007). Já estudantes oriundos de famílias de baixa renda frequentemente são os primeiros da família a acessar o ensino superior, o que os posiciona em condição de maior

vulnerabilidade acadêmica, mas também de significativa resiliência e superação (Gomes, 2025).

No contexto da formação na área da saúde, a renda familiar também pode influenciar a percepção de pertencimento ao campo profissional e a projeção de futuro (Carreira *et al.*, 2007). Estudantes com menores recursos podem encarar o diploma universitário como uma oportunidade crucial de mobilidade social, o que pode gerar níveis elevados de motivação, mas também de pressão por sucesso (Adedokun, 2024). Por outro lado, podem encontrar barreiras para participação plena nas dinâmicas do curso, especialmente em atividades práticas que demandem deslocamentos, aquisição de instrumentos, ou carga horária incompatível com atividades laborais paralelas (Gomes, 2025).

Diante desse panorama, é fundamental que as instituições de ensino superior adotem políticas de apoio e permanência estudantil voltadas especificamente ao público de baixa renda, tais como bolsas de auxílio, alimentação gratuita, acesso a equipamentos de informática, monitoramento psicopedagógico e orientação profissional (Bezerra, 2020). Tais ações não apenas promovem a equidade de condições no processo formativo, como também contribuem para a redução das desigualdades educacionais e a democratização efetiva do ensino superior (Bezerra, 2020).

7.2. Análise Quantitativa

A análise estatística dos resultados obtidos na presente pesquisa revelou que, embora ambos os grupos experimental e controle tenham apresentado melhora significativa entre o pré-teste e o pós-teste na comparação intragrupal ($p < 0,001$ em ambos os grupos), o desempenho médio final não apresentou diferença estatisticamente significativa na comparação intergrupal ($p = 0,8960$). Essa aparente discrepância entre o ganho percebido e a ausência de significância estatística intergrupos encontra respaldo em estudos internacionais que aplicaram metodologias semelhantes.

Uribe *et al.* (2022) avaliaram o impacto da Realidade Aumentada na educação anatômica e demonstraram que o desempenho dos alunos que utilizaram modelos holográficos foi semelhante ao dos que participaram de sessões presenciais tradicionais ($p > 0,05$). Esse achado sugere que a Realidade Aumentada pode substituir parcialmente o ensino laboratorial sem comprometer a qualidade do aprendizado. Além disso, Gnanasegaram *et al.* (2020) compararam a Realidade Aumentada ao ensino convencional no estudo da anatomia do ouvido médio e relataram que, embora os escores dos testes não tenham sido significativamente diferentes ($p = 0,06$), os alunos que usaram Realidade Aumentada tiveram uma compreensão espacial superior ($p < 0,001$). Isso reforça a hipótese de que a Realidade Aumentada é mais eficaz para aprendizado tridimensional do que para memorização teórica.

Pode-se encontrar na literatura artigos sugerindo que a Realidade Aumentada também pode contribuir para o engajamento dos alunos e a motivação para o aprendizado. Bolek *et al.* (2021) demonstraram que a Realidade Aumentada aumentou significativamente a motivação dos estudantes de neuroanatomia, com escores elevados no Instructional Measure of Motivation Survey (IMMS), principalmente nos aspectos de relevância e satisfação. No entanto, o estudo identificou que homens atribuíram maior relevância à Realidade Aumentada do que mulheres ($p < 0,024$), sugerindo possíveis diferenças individuais na aceitação da tecnologia.

Além disso, o estudo de Shin *et al.* (2023), focado na formação de residentes em otorrinolaringologia, evidenciou que os residentes seniores que utilizaram o sistema OtoVIS (um ambiente virtual imersivo com modelos 3D da orelha média) relataram um nível de conforto significativamente maior no entendimento da anatomia do ouvido médio ($6,7 \pm 0,7$) em comparação aos residentes juniores ($3,6 \pm 1,9$), com $p < 0,001$. Este resultado é particularmente relevante por dialogar diretamente com o objeto da presente pesquisa e reafirmar o potencial da Realidade Aumentada para facilitar a compreensão de estruturas auriculares, tradicionalmente desafiadoras em ambientes de ensino convencionais.

Complementando essa perspectiva, o estudo de Bogomolova *et al.* (2021) demonstrou que estudantes com alta habilidade visuoespacial se beneficiaram mais de ferramentas estereoscópicas, o que sugere que o impacto da Realidade

Aumentada pode ser mediado por fatores individuais. Essa consideração é pertinente ao interpretar os resultados da presente pesquisa, uma vez que nem todos os estudantes do grupo experimental obtiveram ganhos expressivos de desempenho, mesmo diante de uma percepção positiva da metodologia.

Além da motivação, a literatura apresenta evidências que apoiam a ideia de que a Realidade Aumentada também pode impactar positivamente na retenção do conhecimento. Weeks *et al.* (2021) relataram que estudantes que utilizaram Realidade Aumentada no estudo da cabeça e pescoço obtiveram um ganho médio de 12 pontos nos testes acadêmicos, em comparação com 9 pontos no grupo de ensino tradicional ($p < 0,001$). Esse achado sugere que a tecnologia pode acelerar o aprendizado ao permitir a exploração interativa das estruturas anatômicas.

O estudo de Sandalegar *et al.* (2024), por exemplo, observou um aumento de 14,3% no desempenho dos alunos após aulas com realidade mista (MxR) em relação ao ensino tradicional. Esse efeito foi ainda mais acentuado na aula sobre vasos cerebrais, na qual a melhora atingiu 21,7%, com significância estatística robusta ($p < 0,001$). Tais resultados estão em consonância com os achados qualitativos da presente pesquisa, que evidenciaram maior clareza e engajamento dos estudantes submetidos à ferramenta de Realidade Aumentada, especialmente em tópicos que exigem visualização tridimensional e raciocínio espacial.

Na mesma direção, d'Aiello *et al.* (2023) demonstraram que estudantes que utilizaram modelos holográficos em realidade mista obtiveram uma acurácia média de 89% nas avaliações, em comparação aos 74% do grupo que seguiu metodologia tradicional, com significância estatística expressiva ($p < 0,001$) e tamanho de efeito médio ($d = 0,41$). Os autores também destacam um desempenho superior em itens exclusivamente anatômicos (94% no grupo MR versus 90% no controle), o que reforça a ideia de que a tecnologia imersiva pode beneficiar de maneira especial a aprendizagem de conteúdos morfológicos, similarmente à percepção positiva que os estudantes de Enfermagem expressaram nesta pesquisa quanto à compreensão das estruturas da orelha humana.

No estudo de Malik *et al.* (2023), o uso da tecnologia Hololens 2 resultou em uma melhora significativa no desempenho dos estudantes, com aumento

médio de $12 \pm 2,1$ pontos nas avaliações pós-intervenção, em comparação ao grupo controle, que teve uma melhora média de $9 \pm 2,2$ pontos. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$), evidenciando a superioridade da metodologia baseada em realidade mista na consolidação do conhecimento dos alunos.

De forma complementar, Moro *et al.* (2017) realizaram uma metanálise sistemática que incluiu diversas intervenções com realidade aumentada e virtual no ensino de anatomia e fisiologia. A análise revelou que os estudantes que utilizaram essas tecnologias apresentaram desempenhos significativamente superiores nos testes de avaliação do conhecimento, com tamanho de efeito moderado a grande (d entre 0,5 e 0,8), dependendo do conteúdo e da duração da intervenção. Além disso, o estudo ressaltou que as tecnologias imersivas são particularmente eficazes para tópicos com elevada carga visual, como é o caso da anatomia da orelha.

Apesar dos benefícios da Realidade Aumentada, sua implementação enfrenta desafios que limitam sua adoção em larga escala. Um dos principais obstáculos é o custo elevado dos dispositivos e da infraestrutura necessária para sua aplicação no ensino médico. Equipamentos como o Microsoft HoloLens ainda representam um investimento significativo para instituições de ensino, além da necessidade de softwares especializados para a criação de modelos anatômicos interativos. O custo também está associado à necessidade de treinamento docente, visto que muitos professores ainda não possuem familiaridade com essas tecnologias, o que pode dificultar sua integração ao currículo.

Além das questões financeiras, o desconforto físico e a fadiga ocular são desafios relatados por estudantes que utilizam Realidade Aumentada por períodos prolongados. Weeks *et al.* (2021) relataram que 20% dos participantes experimentaram desconforto visual e dificuldades técnicas, como problemas de calibração dos hologramas e ajustes do dispositivo. Esses efeitos podem reduzir a adesão dos estudantes ao uso contínuo da tecnologia e comprometer sua eficácia em sessões de estudo mais longas. Outro fator limitante é a eficácia variável da Realidade Aumentada entre diferentes perfis de estudantes.

Bork *et al.* (2019) demonstraram que a tecnologia beneficia principalmente alunos com baixa habilidade de rotação mental, enquanto

aqueles com maior aptidão espacial não apresentaram melhorias significativas em comparação aos métodos convencionais. Isso indica que a Realidade Aumentada pode ser mais útil para determinados perfis de alunos, mas não necessariamente superior para todos. Além disso, a Realidade Aumentada não substitui completamente os métodos tradicionais, sendo mais eficaz como ferramenta complementar. Dodier *et al.* (2024) avaliaram sua aplicação na formação cirúrgica e demonstraram que o melhor desempenho foi observado quando a Realidade Aumentada foi combinada com modelos físicos e métodos convencionais.

Por outro lado, nem todos os estudos demonstram uma vantagem estatística clara para o uso da realidade aumentada. Veer *et al.* (2022) identificaram desempenho superior no grupo que utilizou material tradicional (texto impresso), com médias de 13,06 ($\pm 1,79$) frente a 11,82 ($\pm 1,85$) no grupo que usou realidade mista, sendo essa diferença estatisticamente significativa ($p = 0,011$). Ambos os grupos, entretanto, mostraram melhora em relação ao pré-teste, o que reforça a necessidade de considerar variáveis como a familiaridade com a tecnologia, o desenho didático da intervenção e o perfil dos estudantes. Situação semelhante foi observada ao comparar com a presente pesquisa, onde o grupo com Realidade Aumentada apresentou maior motivação e engajamento, mas sem diferença estatística nos escores finais em relação ao grupo controle.

Por fim, Alturkustani *et al.* (2024) apontaram que, embora a Realidade Aumentada tenha sido altamente eficaz na identificação anatômica, os métodos tradicionais foram mais eficientes para a compreensão teórica de estruturas como a laringe ($Cohen's d = 0,51$). Isso sugere que a Realidade Aumentada pode aprimorar a visualização, mas pode ser menos eficaz na assimilação de conceitos clínicos mais abstratos.

7.3. Análise Qualitativa

A análise qualitativa das entrevistas revelou percepções consistentes sobre o papel ativo dos estudantes durante o uso da realidade aumentada (RA), principalmente no que se refere ao engajamento, compreensão anatômica e participação ativa no processo de aprendizagem. Tais percepções podem ser interpretadas com base nos fundamentos da aprendizagem experencial,

conforme proposto por autores como John Dewey (1938), Jean Piaget (1952), Donald Schön (1983) e David Kolb (1984).

Para Dewey, a aprendizagem significativa ocorre quando há continuidade e interação entre experiência e reflexão, ou seja, quando a vivência de uma situação é conectada ao contexto do sujeito e gera novos entendimentos. Nesse sentido, os relatos dos participantes que destacaram a clareza trazida pela visualização tridimensional e a possibilidade de manipular estruturas anatômicas apontam para uma experiência educativa coerente com a pedagogia da experiência. A RA funcionou como um meio de aproximação entre o conteúdo teórico e o contexto prático, permitindo que o estudante reconstruisse o conhecimento a partir da interação direta com o objeto de estudo.

Na perspectiva do Piaget, a construção do conhecimento é resultado da ação do sujeito sobre o meio, mediante os mecanismos de assimilação, acomodação e equilíbrio. Os estudantes, ao explorar livremente os modelos em RA, entraram em contato com estruturas anatômicas que provocaram desequilíbrios cognitivos, exigindo reorganizações mentais para compreender espacialmente as partes do ouvido. As entrevistas sugerem que esse confronto com os novos conhecimentos foi facilitado pela mediação tecnológica e estimulou processos ativos de construção de esquemas mentais, evidenciando o caráter construtivista da atividade.

Do ponto de vista da prática profissional e da formação crítica, os resultados também dialogam com Schön, que propõe a ideia de prática reflexiva. Embora o ambiente da pesquisa não tenha sido clínico, as falas dos estudantes sugerem que a manipulação dos modelos tridimensionais os levou a refletir sobre sua própria compreensão anatômica e sua preparação futura. Esse movimento se aproxima do que Schön denomina reflexão na ação, em que o sujeito interpreta e ajusta sua aprendizagem enquanto atua. Os relatos sobre dificuldades iniciais com a navegação, por exemplo, também evidenciam a reflexão sobre a ação, pois apontam ajustes desejáveis para melhorar a experiência.

A estrutura da atividade guarda coerência com o ciclo de aprendizagem experencial proposto por Kolb, que envolve quatro estágios: experiência concreta, observação reflexiva, conceituação abstrata e experimentação ativa. Os dados qualitativos revelam que os estudantes vivenciaram uma situação concreta por meio do uso da RA (experiência concreta), refletiram sobre essa vivência ao identificarem melhorias na compreensão (observação reflexiva), relacionaram essas percepções ao conteúdo teórico de anatomia (conceituação abstrata) e aplicaram esse novo entendimento para resolver dúvidas e interpretar as estruturas de forma mais autônoma (experimentação ativa).

7.4. Limitações do Estudo

Embora os resultados da presente pesquisa tenham evidenciado contribuições relevantes quanto ao uso da Realidade Aumentada no ensino de anatomia da orelha humana, é necessário reconhecer algumas limitações que podem ter influenciado tanto a amplitude quanto a generalização dos achados.

A primeira limitação diz respeito ao tempo de exposição à intervenção pedagógica. A atividade com a ferramenta 3D foi pontual, aplicada em uma única aula expositiva. Intervenções educativas mais prolongadas ou recorrentes poderiam ter potencializado os efeitos observados, especialmente em termos de desempenho nos testes cognitivos. Pesquisas como a de Moro *et al.* (2017) e Malik *et al.* (2023) indicam que a duração e a repetição das atividades com tecnologias imersivas influenciam diretamente a consolidação da aprendizagem.

A distribuição desigual das condições de aula também merece destaque. A aula com a ferramenta 3D foi aplicada em um contexto com contratempos logísticos (como atraso no início da atividade e proximidade do horário de almoço), enquanto a aula tradicional ocorreu sem intercorrências. Essas condições externas podem ter influenciado o desempenho e a percepção dos estudantes, dificultando uma comparação totalmente equitativa entre os grupos.

Além disso, o instrumento de avaliação utilizado (pré e pós-teste) consistiu em questões objetivas de múltipla escolha, que, embora eficazes para mensuração direta de conhecimento, podem não captar com precisão as nuances cognitivas, perceptivas e atitudinais estimuladas pela Realidade Aumentada. A própria literatura destaca que os benefícios da Realidade

Aumentada frequentemente se manifestam em aspectos como engajamento, motivação e retenção a longo prazo, nem sempre detectáveis em testes convencionais (Veer *et al.*, 2022; Shin *et al.*, 2023).

Essas limitações não invalidam os achados obtidos, mas indicam a necessidade de cautela na generalização dos resultados e reforçam a importância de estudos futuros com delineamentos experimentais mais robustos, amostras maiores e intervenções longitudinalmente aplicadas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral avaliar o potencial de desenvolvimento e aplicação de uma ferramenta de Realidade Aumentada para o ensino da anatomia do sistema auditivo humano, aliando métodos quantitativos e qualitativos por meio de triangulação metodológica. A partir da análise dos dados obtidos, foi possível alcançar os objetivos específicos propostos e derivar as seguintes conclusões:

- Constatou-se que a ferramenta tridimensional desenvolvida contemplou com eficácia os componentes anatômicos do órgão auditivo humano incluindo a orelha externa, média e interna, permitindo uma representação didática visualmente clara e pedagogicamente coerente com os conteúdos curriculares da área da saúde.
- Conclui-se que o aplicativo baseado em realidade aumentada foi funcional, intuitivo e viável para aplicação em contexto educacional, proporcionando aos estudantes a possibilidade de explorar de forma interativa as estruturas anatômicas, o que favoreceu a compreensão espacial e a imersão no conteúdo.
- Observou-se que com base nos resultados quantitativos, que houve uma melhora significativa no desempenho do grupo experimental (Enfermagem) entre o pré e o pós-teste, indicando ganhos de aprendizagem após a utilização da Realidade Aumentada. No entanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos no pós-teste ($p = 0,8960$), o que sugere que a eficácia cognitiva da ferramenta, embora positiva, pode ser modulada por variáveis como tempo de exposição, formato da avaliação e perfil dos participantes.
- Identificou-se, por meio da análise qualitativa, que os estudantes que utilizaram a ferramenta 3D relataram experiências mais positivas em

relação à clareza conceitual, motivação, engajamento e preferência pela metodologia ativa, quando comparados aos participantes do grupo controle, que assistiram à aula com o método tradicional.

- Constatou-se, pela triangulação de métodos, que a realidade aumentada proporcionou não apenas efeitos na aprendizagem, mas também impactos afetivos e atitudinais na experiência educacional dos estudantes, elementos frequentemente não capturados por instrumentos de avaliação objetivos, mas evidentes nas entrevistas e categorias temáticas emergentes.
- Comprovou-se, em consonância com a literatura internacional analisada, que a Realidade Aumentada tende a oferecer vantagens significativas no ensino de conteúdos complexos e com alta carga visual, como é o caso da anatomia da orelha humana, especialmente quando aplicada de forma planejada, integrada e mediada por estratégias pedagógicas ativas.

Dessa forma, a pesquisa evidenciou que a integração da realidade aumentada ao ensino da saúde tem potencial para enriquecer os processos formativos, promover aprendizagens mais significativas e responder a demandas contemporâneas por inovação educacional. Recomendam-se, para estudos futuros, investigações com amostras ampliadas, intervenções longitudinalmente aplicadas e análise de impacto a longo prazo sobre a retenção do conhecimento.

9. REFERÊNCIAS

AKANMODE, A. M.; WINTERS, R. Tympanocentesis. In: Statpearls Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.

ADAMS, Haley et al. Development and evaluation of an immersive virtual reality system for medical imaging of the ear. In: **Medical Imaging 2019: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling**. SPIE, 2019. p. 265-272.

ADEDOKUN, Catherine. **Stress and Other Factors That Impact Academic Performance Among Nursing Students**. 2024. Tese de Doutorado (Doctor of Education In Higher Education Leadership). Wilmington University (Delaware), 2024.

AKYILDIZ, Seçil Tümen; AHMED, Kwestan Hussein. An overview of qualitative research and focus group discussion. **International Journal of Academic Research in Education**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2021.

ALMEIDA, Jessica et al. Risk analysis of the organ donation-transplantation process in Brazil. In: **Transplantation Proceedings**. Elsevier, 2021. p. 607-611.

ALTURKUSTANI, Sarah et al. Comparison of 'Complete Anatomy'(CA) to conventional methods for teaching laryngeal anatomy to first-year dental and dental hygiene students in Ireland. **Translational Research in Anatomy**, v. 37, p. 100324, 2024

ALVES, Davi Cerqueira et al. Correlação entre afinidade pelas disciplinas e experiência acadêmica no bacharelado em Administração no CEFET/RJ MARACANÃ. **Revista Tópicos**, v. 1, n. 4, p. 1-15, 2023..

AMIRAS, D. et al. Augmented reality simulator for CT-guided interventions. **European Radiology**, v. 31, p. 8897-8902, 2021.

AMMANUEL, Simon et al. Creating 3D models from radiologic images for virtual reality medical education modules. **Journal of medical systems**, v. 43, n. 6, p. 166, 2019.

ANDRADE, Cláudia. Transição para a idade adulta: Das condições sociais às implicações psicológicas. **Análise Psicológica**, Lisboa, v. 28, n. 2, p. 255-267, 2010.

ANSCHUETZ, Lukas et al. Assessment of middle ear anatomy teaching methodologies using microscopy versus endoscopy: a randomized comparative study. **Anatomical Sciences Education**, [S.I.], out. 2018.

ARENAS-RAMÍREZ, Andrea et al. Vocación para el cuidado humano en estudiantes de enfermería en una universidad de México. *Index de Enfermería*, Granada, v. 31, n. 3, jul./set. 2022. Epub: 06 fev. 2023.

ARIAS VALENCIA, María Mercedes. Principles, scope, and limitations of the methodological triangulation. **Investigación y educación en enfermería**, v. 40, n. 2, 2022.

AVILA-GARZON, Cecilia et al. Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. **Contemporary Educational Technology**, v. 13, n. 3, 2021.

BANIASADI, Tayebeh; AYYOUBZADEH, Seyed Mohammad; MOHAMMADZADEH, Niloofar. Challenges and practical considerations in applying virtual reality in medical education and treatment. **Oman medical journal**, v. 35, n. 3, p. e125, 2020.

BANS-AKUTEY, Anita; TIIMUB, Benjamin Makimilua. Triangulation in research. **Academia Letters**, v. 2, n. 3392, p. 1-7, 2021.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Ed. UFSC, 2008.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.

BARO, B. et al. Transforming ear anatomy education: Evaluating the impact of innovative teaching methods on medical students' learning outcomes. **Morphologie**, v. 109, n. 366, p. 100956, 2025.

BARTEIT, Sandra et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review. **JMIR serious games**, v. 9, n. 3, p. e29080, 2021.

BETANCUR Montes W, MONROY Gómez J. Implementar la realidad virtual en la enseñanza de anatomía: una necesidad en la formación de profesionales de la salud. **Morfolia**. 2021.

BEZERRA, Carlos Winston Guedes. Avaliação da Política de Assistência Estudantil (PAE) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE): a inclusão social enquanto direito dos estudantes do Campus Cedro.186f. **Dissertação (Mestrado Profissional em Avaliação de Políticas Públicas)**, Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Políticas Públicas, Fortaleza (CE), 2020.

BOGOMOLOVA, Katerina et al. The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial abilities: A double-center randomized controlled trial. **Anatomical sciences education**, v. 13, n. 5, p. 558-567, 2020.

BÖLEK, Kerem A. et al. Mixed-methods exploration of students' motivation in using augmented reality in neuroanatomy education with prosected specimens. **Anatomical Sciences Education**, v. 15, n. 5, p. 839-849, 2022.

BORK, Felix et al. The benefits of an augmented reality magic mirror system for integrated radiology teaching in gross anatomy. **Anatomical sciences education**, v. 12, n. 6, p. 585-598, 2019.

BRUMPT, É et al. Are 3D-printed anatomical models of the ear effective for teaching anatomy? A comparative pilot study versus cadaveric models. **Surgical and Radiologic Anatomy**, [S.I.], v. 46, p. 103–115, 2024.

CARREIRA, Denise et al. Custo aluno-qualidade inicial: rumo à educação pública de qualidade no Brasil. **Campanha Nacional pelo direito à Educação**, 2007.

CASTILLO, Sonia et al. Poll everywhere to encourage learner satisfaction and participation in internal medicine fellowship didactics. **Cureus**, v. 12, n. 2, 2020.

CHANG, Hsin-Yi et al. Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. **Computers & Education**, v. 191, p. 104641, 2022.

CHEN, et al. Recent developments and future challenges in medical mixed reality. In: **IEEE international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR)**, 16., 2017, Nantes. *Proceedings...* [S.I.]: IEEE, 2017. p. 123–135.

CHAO, Tiffany N. et al. Creation of an interactive virtual surgical rotation for undergraduate medical education during the COVID-19 pandemic. **Journal of Surgical Education**, v. 78, n. 1, p. 346-350, 2021.

CHOKKAPPAN, Kabilan. Basic Temporal Bone Imaging Anatomy: External, Middle and Inner Ear. In: **Temporal Bone Imaging Made Easy**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 3-20.

COMINETTI, R.; RUIZ, G. Algunos factores del rendimiento: las expectativas y el género. Human Development Department. **LCSHD Paper Series**, n. 20, 1997.

CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM (Brasil). **Resolução COFEN nº 736**, 17 de janeiro de 2024. Dispõe sobre a implementação do Processo de Enfermagem em todo contexto socioambiental onde ocorre o cuidado de enfermagem.

CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA (Brasil). **Formação farmacêutica no Brasil**. Brasília: Conselho Federal de Farmácia, 2019. 160 p. ISBN 978-85-89924-28-3.

SILVA, Ronaldo Adriano Ribeiro da; VENTURI, Tiago. Pesquisas, vivências e práticas de educação em saúde na escola. **Scielo**. Chapecó: Editora UFFS, 2022. 461 p. (Coleção Ensino de Ciências). ISBN 978-65-86545-74-6.

D'AIELLO, Angelo Fabio et al. The effect of holographic heart models and mixed reality for anatomy learning in congenital heart disease: an exploratory study. **Journal of Medical Systems**, v. 47, n. 1, p. 64, 2023.

DAVIS, Fred D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS quarterly**, p. 319-340, 1989.

DE ALMEIDA, Wilson Mesquita. Revisitando “USP para Todos?": desafios permanentes na inclusão dos estudantes de baixa renda no ensino superior público brasileiro. **Revista de Ciências Sociais: RCS**, v. 51, n. 3, p. 21-62, 2020.

DEWEY, John. Experience and education. In: **The educational forum**. Taylor & Francis Group, 1938. p. 241-252.

DODIER, Philippe et al. An evaluation of physical and augmented patient-specific intracranial aneurysm simulators on microsurgical clipping performance and skills: a randomized controlled study. **Neurosurgical Focus**, v. 56, n. 1, p. E9, 2024.

DOMÊNICIS, Ana Clara Rigueto Lisboa de, et al. O estresse em estudantes universitários: um estudo realizado em acadêmicos de medicina. **Arquivos da Ciência da Saúde**, v. 29, n. 1, 2025.

DONKOH, Sylvester; MENSAH, John. Application of triangulation in qualitative research. **Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering**, v. 10, n. 1, p. 6-9, 2023.

FANG, Wei et al. Head-mounted display augmented reality in manufacturing: A systematic review. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 83, p. 102567, 2023.

FINKEL, Lucila; BARAÑANO, Margarita. La dedicación al estudio y al trabajo de los estudiantes universitarios en España. **Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE)**, v. 7, n. 1, p. 6-20, ene. 2014.

FONSECA, Brúbia S et al. O perfil sociodemográfico dos estudantes universitários: estudo descritivo-correlacional entre uma universidade portuguesa e brasileira. **Educação em Foco**, Juiz de Fora, v. 24, n. 1, p. 341–366, jan./abr. 2019.

FRENCH, Heather et al. Perspectives: the flipped classroom in graduate medical education. **Neoreviews**, v. 21, n. 3, p. e150-e156, 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GOBBO, Jessica Particelli; DELLAZZANA-ZANON, Letícia. Sentido na Vida na Aduldez Emergente: Contribuições para a Psicologia do Desenvolvimento. **Revista Subjetividades**, v. 23, n. 2, p. 1-12, 2023.

GOMES, Josias da Silva. Evasão ou persistência? Uma reflexão inicial a partir da disciplina de cálculo diferencial e integral na formação de professores de matemática no ICE/UFAM. 2025. **Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto de Ciências Exatas**, Universidade Federal do Amazonas (ICE/UFAM), Manaus, 2025.

GÓMEZ García et al. La trascendencia de la Realidad Aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. **Alteridad: Revista de Educación**, Cuenca, v. 15, n. 1, p. 36–46, ene./jun. 2020.

GONZÁLEZ Pulido, Paula Fernanda. Enfoques de aprendizaje en estudiantes de anatomía. . **Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Educação Médica)** – Faculdade de Medicina, Universidade de La Sabana, Chía, Colombia, 2020.

GNANASEGARAM, Joshua et al. Evaluating the effectiveness of learning ear anatomy using holographic models. **Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery**, v. 49, n. 1, p. 63, 2020.

HAZARIKA, Ananya; RAHMATI, Mehdi. Towards an evolved immersive experience: Exploring 5G-and beyond-enabled ultra-low-latency communications for augmented and virtual reality. **Sensors**, v. 23, n. 7, p. 3682, 2023.

HELWANY, Muhammad; TADI, Prasanna. **Embryology, ear**. 2020.

JAVIA, Luv; DEUTSCH, Ellen S. A systematic review of simulators in otolaryngology. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, v. 147, n. 6, p. 999–1011, 2012.

JIANG, Juming; TANAKA, Ayumi. Autonomy support from support staff in higher education and students' academic engagement and psychological well-being. *Educational Psychology*, v. 42, n. 1, p. 42-63, 2022.

KHALIL, Sabine et al. Visiting museums via augmented reality: an experience fast-tracking the digital transformation of the tourism industry. *European Journal of Innovation Management*, v. 27, n. 6, p. 2084-2100, 2024.

KEMBER, David. Interpreting student workload and the factors which shape students' perceptions of their workload. *Studies in higher education*, v. 29, n. 2, p. 165-184, 2004.

KOLB, David A. Experiential learning: experience as the source of learning and development. *Englewood Cliffs: Prentice Hall*, 1984.

LAKATOS, Eva Maria; DE ANDRADE MARCONI, Marina. *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 2010.

MALIK, Rukhnoor et al. Mixed reality enhanced otolaryngology case-based learning: a randomized educational study. *The Laryngoscope*, v. 133, n. 7, p. 1606-1613, 2023.

Marchioni D et al. Inferior retrotympanum revisited: an endoscopic anatomic study. *Laryngoscope*. 2010;120(9):1800–1806.

MARTINELLI, Alessandro et al. From Text to Augmented Reality: Experimentation of a Smart Workflow on the Works of Malevič and Hadid. In: *International Conference on Geometry and Graphics*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 47-58.

MENDOZA-RAMÍREZ, Carlos E. et al. Augmented reality: survey. *Applied Sciences*, v. 13, n. 18, p. 10491, 2023.

MCQUILLAN, A. J. Virtual reality for medical education. **Education for Primary Care**, v. 30, n. 4, p. 201-210, 2019.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MINELLA, Luzinete Simões. Medicina e feminização em universidades brasileiras: o gênero nas interseções. **Revista Estudos Feministas**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 1111, 2017.

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO Brasil. Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 15 abr. 2004.

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO Brasil. Portaria nº 725, de 13 de abril de 2023. Institui o Programa Mulheres Mil. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, n. 72, p. 79, 14 abr. 2023

MORO, Christian et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. **Anatomical sciences education**, v. 10, n. 6, p. 549-559, 2017.

MOORE, K. L et al. **Essential Clinical Anatomy**. [s.l.] Lippincott Williams & Wilkins, 2014.

MU, Zhonglin; WANG, Xiaofeng. Applied Anatomy and Physiology of Ear. **Practical Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery: Diagnosis and Treatment**, p. 43-49, 2021.

OGUZ, Oguzhan et al. Outer–Middle–Inner Ear and Central Hearing System Anatomy. In: **Otology Updates**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 3-16.

OMS. **Informe mundial sobre a audição [Em linha]**. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/hearing-loss>. Acesso em: 26 ago. 2024.

OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. **International journal of morphology**, v. 35, n. 1, p. 227-232, 2017.

OUSEY, K. Medical education: should you hit the ground running? **British Journal of Nursing**, v. 19, n. 19, p. 1173-1175, 2010.

PIAGET, Jean. **The origins of intelligence in children**. New York: International Universities Press, 1952.

POOL, Mario Augusto; GIRAFFA, Lucia. **Desafios educacionais criativos**. Paco e Littera, 2021.

PREGONER, Joseph Dave. Research approaches in education: A comparison of quantitative, qualitative and mixed methods. **IMCC Journal of Science**, v. 4, n. 2, p. 31-36, 2024.

RABBIMOVNA, Kholyarova Gulmira et al. Some considerations on functional anatomy of the inner ear and changes in the auditory organs. **Multidisciplinary Journal of Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 281-287, 2024.

RATLIFF, E. C.; MAUNA, H. Mobile computing applications for medical education. **International Journal of Medical Informatics**, v. 81, n. 5, p. 330-342, 2012.

RIZZETTO, Francesco et al. Immersive Virtual Reality in surgery and medical education: Diving into the future. **The American Journal of Surgery**, v. 220, n. 4, p. 856-857, 2020.

SADEK, O. et al. Impact of Virtual and Augmented Reality on Quality of Medical Education During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. **Journal of Graduate Medical Education**, v. 15, n. 3, p. 328–338, 1 jun. 2023.

SÁNCHEZ López de Nava.; LASRADO, S. Physiology, Ear. **StatPearls Publishing**; 2019

SANCHES, Eder Angelo; GUERRA, Oscar Ulloa. Estudo relacional entre gênero e rendimento escolar de alunos do ensino fundamental e médio de Brasília-Brasil. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 16, n. 1, p. 37–62, 2021

SANDRALEGAR, Abiram et al. Mixed reality compared to the traditional ex cathedra format for neuroanatomy learning: the value of a three-dimensional virtual environment to better understand the real world. **Neurosurgical Focus**, v. 56, n. 1, p. E14, 2024.

SCHÖN, Donald A. **The reflective practitioner: How professionals think in action**. Routledge, 1983.

SILVA-ORTIZ, Sara Raquel et al. Validação de conteúdo do questionário de percepção da aprendizagem de anatomia por meio do sistema interativo em 3D, Cyber Anatomy. **Revista de Investigación en Salud. Universidad de Boyacá**, v. 7, n. 2, p. 33-51, 2020.

SHIN, Dongho et al. Examining the utility of a photorealistic virtual ear in otologic education. **Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery**, v. 52, n. 1, p. s40463-022-00614-5, 2023.

SPLENDOR, Vanessa Lidiane; ROMAN, Arlete Regina. A mulher, a enfermagem e o cuidar na perspectiva de gênero. **Contexto & Saúde**, Ijuí: Editora Unijuí, ano 2, n. 4, p. 31-44, jan./jun. 2003.

SULTAN, L. et al. An experimental study on the usefulness of virtual reality 360 in undergraduate medical education. **Advances in Medical Education and Practice**, v. 10, p. 907, 2019.

STEFAN, P. et al. An AR edutainment system supporting bone anatomy learning. In: IEEE virtual reality conference (VR), 21., 2014, Minneapolis, MN. *Proceedings...* [S.I.]: IEEE Computer Society, 2014. p. 113–114.

TABRON, Lolita A.; THOMAS, Amanda K. Deeper than wordplay: A systematic review of critical quantitative approaches in education research (2007–2021). **Review of Educational Research**, v. 93, n. 5, p. 756-786, 2023.

TADAYON, M.; et al., Virtual reality in neurosurgical education and demonstration: A review of current trends. **Anatomical Science International**, v. 95, n. 2, p. 176-184, 2020.

TEFILI, Diego, et al. Implantes cocleares: aspectos tecnológicos e papel socioeconômico. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, 2013, vol. 29, p. 414-433.

UGARTE, Maitee Lajes et al. El trabajo colaborativo interprofesional en el proceso de formación profesional en salud. **Humanidades Médicas. ISSN 1727-8120** 2021;21(3):951-966

URIBE, Jesus et al. Augmented-Reality Enhanced Anatomy Learning (A-REAL): Assessing the utility of 3D holographic models for anatomy education. **Annals of 3D Printed Medicine**, v. 9, p. 100090, 2023.

VEER, Vineesha et al. Incorporating mixed reality for knowledge retention in physiology, anatomy, pathology, and pharmacology interdisciplinary education: a randomized controlled trial. **Medical Science Educator**, v. 32, n. 6, p. 1579-1586, 2022.

WEEKS, Joanna K. et al. Harnessing augmented reality and CT to teach first-year medical students head and neck anatomy. **Academic radiology**, v. 28, n. 6, p. 871-876, 2021.

WINKLER-SCHWARTZ, Alexander et al. Artificial intelligence in medical education: best practices using machine learning to assess surgical expertise in virtual reality simulation. **Journal of surgical education**, v. 76, n. 6, p. 1681-1690, 2019.

ZAPATA-GONZÁLEZ et al. Caracterización socioeconómica de los estudiantes matriculados en primer semestre en la Universidad Libre seccional Cali Período 2015-2. **Revista Libre Empresa**, Cali, v. 13, n. 1, p. 35–60, 2016.

ZORZETTO, Neivo Luiz. **Anatomia da orelha**. Otorrinolaringologia, Princípios e Prática. 2^a ed. Porto Alegre: Artmed, p. 26, 2006.

10. APÊNDICES

Apêndice A. QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO, PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como participante da pesquisa "PROPOSTA DE APLICAÇÃO DIDÁTICA BASEADA EM REALIDADE AUMENTADA PARA O ESTUDO DO ÓRGÃO AUDITIVO HUMANO", conduzido pelo pesquisador principal César Augusto Corchuelo Castro, da Universidade Federal do Ceará. **Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.**

O objetivo deste estudo é investigar os efeitos potenciais educativos de uma ferramenta de realidade aumentada que permite visualizar o órgão da audição humana em 3D em relação com os métodos tradicionais de ensino. Neste formulário, você terá a possibilidade de responder um questionário composto por 14 perguntas sobre a anatomia da orelha humana. Este questionário busca avaliar o seu conhecimento prévio sobre as diferentes partes da orelha, suas funções e características detalhadas. **Estima-se que o tempo necessário para responder este questionário seja de 30 minutos no máximo.**

Informamos de que não receberá nenhum pagamento por participar da pesquisa, mas sua participação terá outros benefícios significativos, já que contribuirá na melhoria do seu

conhecimento sobre a anatomia da orelha e suas funções, além da contribuição ao avanço nos estudos acadêmicos realizados sobre o órgão da audição e no desenvolvimento de tecnologias educacionais. Informamos de que o preenchimento do questionário tem riscos mínimos, sendo o principal deles uma possível fadiga decorrente da realização das tarefas: preenchimento de um questionário de perfil, ou perda de tempo para preencher o questionário de pesquisa. A qualquer momento durante a sua participação, você poderá interromper o preenchimento do questionário imediatamente e poderá se recusar a continuar participando da pesquisa, além de retirar o seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.

Garantimos que as informações coletadas durante o estudo serão mantidas em sigilo, armazenadas de forma segura e utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa. Seus dados serão identificados por um código, garantindo que a sua identidade não será revelada em nenhuma publicação ou apresentação de resultados.

Informamos os dados de contato d(os, as) responsável(is) pela pesquisa:

Nome: César Augusto Corchuelo Castro

Instituição: Universidade
Federal do Ceará (UFC)

Endereço: Rua João Gentil, 473 (Apto 302) - Benfica

Telefones para contato: (85) 98150-1998

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-

12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Nome completo do participante *

2. E-mail *

3. Idade *

 Dropdown

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 18 anos
- 18 - 24 anos
- 25 - 34 anos
- 35 - 44 anos
- 55 anos ou mais

4. Sexo *

Marcar apenas uma oval.

- Masculino
- Femenino
- Prefiro não informar
- Outro: _____

5. Estado Civil *

 Dropdown*Marcar apenas uma oval.*

- Solteiro(a)
- Casado(a) ou em união estável
- Divorciado(a)
- Viúvo(a)

6. Curso *

 Dropdown*Marcar apenas uma oval.*

- Medicina
- Enfermagem
- Odontologia
- Fisioterapia
- Farmácia

7. Renda familiar Mensal *

 Dropdown*Marcar apenas uma oval.*

- Até 1 salário mínimo
- De 1 a 3 salários mínimos
- De 3 a 5 salários mínimos
- Mais de 5 salários mínimos

8. Cidade/Estado de residência *

9. Número de pessoas que vivem na mesma casa *

 Dropdown

Marcar apenas uma oval.

- 1
- 2 - 3
- 4 - 5
- 6 ou mais

10. Quais dispositivos você possui para acessar a internet?

Marque todas que se aplicam.

- Smartphone
- Computador ou Notebook
- Tablet
- Outro: _____

Pré-teste: Anatomia da Orelha Humana

11. Qual é a principal função do pavilhão auricular? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Produzir cerúmen
- Captar e direcionar ondas sonoras para o meato acústico externo
- Proteger a membrana timpânica contra infecções
- Amortecer vibrações sonoras

12. Qual estrutura separa o ouvido externo do ouvido médio? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Meato acústico Externo
- Membrana timpânica
- Janela Oval
- Meato acústico Interno

13. Qual é a composição do meato acústico externo? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Apenas tecido ósseo
- Parte cartilaginosa e parte óssea
- Apenas tecido cartilaginoso
- Parte muscular e parte cartilaginosa

14. Quais nervos fornecem inervação sensorial ao pavilhão auricular? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Nervo auricular maior e Nervo auriculotemporal
- Nervo auricular maior e Nervo facial
- Nervo auriculotemporal e Nervo facial
- Nervo auricular maior e Nervo Vestibulococlear

15. Qual é a principal proteção fornecida pelo meato acústico externo? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Reduzir a amplitude das vibrações sonoras
- Regular a pressão entre a orelha externa e a orelha média
- Proteger a membrana timpânica contra partículas e microrganismos
- Regular sons de alta frequência

16. Qual é o primeiro ossículo auditivo a entrar em contato com a membrana timpânica? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Martelo
- Bigorna
- Estribo
- Cóclea

17. Qual é a função da trompa de Eustáquio? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Transmitir vibrações sonoras
- Proteger o ouvido interno contra infecções
- Equalizar a pressão entre o ouvido médio e a atmosfera
- Lubrificar o canal auditivo

18. Qual nervo inerva o músculo estapédio? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Nervo vestibulococlear
- Nervo facial
- Nervo corda do tímpano
- Nervo timpânico

19. Qual é a função do músculo estapédio? *

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Equalizar a pressão na membrana timpânica
- Amortecer as vibrações do estribo
- Transmitir vibrações da bigorna para o vestíbulo
- Controlar a drenagem do ouvido médio

20. Qual é a posição anatômica da bigorna em relação ao martelo?

1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Anterior e medial
- Posterior e medial
- Lateral e inferior
- Superior e medial

21. Qual estrutura é responsável pela audição no ouvido interno? 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Vestíbulo
- Cúclea
- Canais semicirculares
- Janela Oval

22. Qual é a função do vestíbulo? * 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Transmitir vibrações sonoras ao nervo coclear
- Produzir impulsos nervosos para sons baixos
- Detectar mudanças na posição linear e equilíbrio estático
- Amortecer vibrações sonoras

23. Qual estrutura do ouvido interno detecta movimentos rotacionais da cabeça? * 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Cúclea
- Canais semicirculares
- Janela oval
- Vestíbulo

24. Qual membrana está localizada na entrada da cóclea e é conectada ao estribo? * 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Membrana timpânica
- Membrana basilar
- Janela oval
- Janela redonda

25. Qual fluido está presente dentro dos canais semicirculares e auxilia na detecção de movimento? * 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Perilinfa
- Endolinfa
- Linfa coclear
- Linfa vestibular

26. Qual nervo é responsável por transmitir os impulsos auditivos ao cérebro? * 1 ponto

Marcar apenas uma oval.

- Nervo facial
 - Nervo glossofaríngeo
 - Nervo vestibulococlear
 - Nervo trigêmeo
-

Apêndice B. FORMATO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA APLICADA

- Como você descreveria a sua experiência ao utilizar a plataforma 3D para estudar os órgãos humanos?
- O que você acha dessa metodologia em comparação com as aulas tradicionais?
- Você sentiu que ficou mais engajado com o conteúdo durante a atividade? O que contribuiu para isso?
- Como você percebeu o engajamento dos seus colegas durante a atividade
- Quais aspectos da metodologia você achou mais fáceis ou interessantes de utilizar?
- Quais dificuldades você encontrou ao usar a plataforma 3D?
- Existe algo que você acredita que poderia ser melhorado para facilitar a utilização da metodologia?
- A experiência despertou algum interesse maior pela área da saúde ou pela anatomia? Como?
- Você acredita que essa metodologia ajuda a preparar melhor os alunos para a prática profissional na área da saúde? Por quê?

Apêndice C. ANEXOS CERTIDÃO DO PROPESQ - UFC

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DIDÁTICA BASEADA EM REALIDADE VIRTUAL PARA O ESTUDO DO ÓRGÃO AUDITIVO HUMANO

Pesquisador: CESAR AUGUSTO CORCHUELO CASTRO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 85702624.5.0000.5054

Instituição Proponente: DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.378.442

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de dissertação que pretende verificar se a utilização de Realidade Aumentada melhora significativamente o desempenho dos alunos no aprendizado da anatomia do órgão auditivo humano em comparação com métodos tradicionais.

Objetivo da Pesquisa:

Geral: Avaliar o potencial de desenvolvimento de uma ferramenta de realidade aumentada (RA) para o estudo do órgão auditivo humano.

Específicos:

- Elaborar os componentes do modelo 3D do órgão auditivo humano, incluindo a orelha externa, média e interna;
- Desenvolver um aplicativo baseado em realidade aumentada (RA) que permita a exploração e a interação do usuário com os modelos 3D do órgão auditivo humano.
- Avaliar a experiência do usuário com o aplicativo utilizando o modelo de aceitação de tecnologia (TAM) e o impacto na aprendizagem do aluno com pré-teste e pós-teste.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: mínimos, sendo o principal deles uma possível fadiga decorrente da realização das tarefas: preenchimento de um questionário de perfil ou perda de tempo para preencher o