

TECNOLOGIAS IMERSIVAS NA EDUCAÇÃO VETERINÁRIA: REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL NO ENSINO DE ANATOMIA E TREINAMENTO CIRÚRGICO

IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN VETERINARY EDUCATION: AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY IN ANATOMY TEACHING AND SURGICAL TRAINING

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.020-039>

Mayara Caroline de Oliveira Melo
 Bacharelando em Medicina Veterinária
 Universidade Federal do Piauí – UFPI
 LATTES: <http://lattes.cnpq.br/7991311362328070>

Mauro José Araujo de Melo
 Mestre em Engenharia Eletrica
 Instituto de Ensino Superior - iCEV
 LATTES: <http://lattes.cnpq.br/5073851179418193>

RESUMO

Este estudo analisa o impacto da Realidade Aumentada (RA) e da Realidade Virtual (RV) na educação em medicina veterinária, com foco no ensino de anatomia animal e treinamento cirúrgico. A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática, na qual foram analisados sete estudos científicos publicados entre 2019 e 2025. Os resultados indicam que a RA facilita a visualização tridimensional de estruturas anatômicas, enquanto a RV permite simulações imersivas de procedimentos cirúrgicos em ambientes seguros, sem o uso de animais vivos. A integração dessas tecnologias promove maior engajamento discente, melhora a retenção de conhecimento e contribui para uma formação mais ética, acessível e eficaz. O estudo reforça a importância da inovação pedagógica na formação veterinária contemporânea.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Educação veterinaria; Simulação cirurgica; Anatomia animal.

ABSTRACT

This study examines the impact of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) on veterinary education, focusing on anatomy instruction and surgical training. A systematic literature review was conducted, analyzing seven scientific studies published between 2019 and 2025. Findings indicate that AR enhances three-dimensional visualization of anatomical structures, while VR enables immersive simulations of surgical procedures in safe, controlled environments without the use of live animals. The integration of these technologies fosters greater student engagement, improves knowledge retention, and supports ethical, accessible, and effective training. This research highlights the pedagogical relevance of immersive technologies and reinforces their role in modernizing veterinary education.

Keywords: Augmented Reality; Virtual Reality; Veterinary education; Surgical simulation; Animal anatomy.



1 INTRODUÇÃO

A formação em medicina veterinária demanda uma sólida articulação entre fundamentos teóricos e competências práticas, especialmente nas disciplinas de anatomia animal e técnicas cirúrgicas. Tradicionalmente, o ensino dessas áreas tem se apoiado em métodos presenciais, como dissecação de peças anatômicas, manipulação de cadáveres e realização de procedimentos em animais vivos. Embora esses recursos proporcionem vivência técnica, eles impõem desafios éticos, logísticos e operacionais, além de apresentarem limitações quanto à escalabilidade e acessibilidade do ensino (Franco et al., 2018; OIE, 2021).

Historicamente, o uso de animais em práticas didáticas remonta ao século XIX, consolidando-se como ferramenta essencial na formação de profissionais da saúde. Contudo, com o avanço da bioética e a institucionalização dos princípios dos 3Rs — Replacement, Reduction, Refinement — essa abordagem passou a ser reavaliada por comitês de ética e organismos internacionais, que recomendam a adoção de métodos alternativos que preservem o bem-estar animal sem comprometer a qualidade da formação técnica (Russell & Burch, 1959; OIE, 2021).

Nesse contexto, tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) têm emergido como soluções pedagógicas inovadoras, capazes de superar as limitações do modelo tradicional. A RA permite a sobreposição de modelos tridimensionais sobre o ambiente físico, favorecendo a visualização precisa e interativa de estruturas anatômicas. Por sua vez, a RV oferece ambientes simulados completamente imersivos, nos quais os estudantes podem realizar procedimentos cirúrgicos, explorar sistemas orgânicos e desenvolver habilidades clínicas com segurança e autonomia (Silva et al., 2019; Malas, 2024).

Dados recentes indicam que o uso de RA e RV na educação superior apresentou crescimento superior a 47% entre 2020 e 2024, com destaque para cursos das áreas biomédica e veterinária (HolonIQ, 2024; EDUCAUSE Horizon Report, 2023). Esse avanço é impulsionado pela busca por metodologias ativas, pela ampliação do acesso remoto à educação e pela necessidade de reduzir o uso de animais vivos em ambientes acadêmicos. Além disso, estudos como os de Correia e Bertolini (2021) demonstram que essas tecnologias favorecem o engajamento discente, a retenção de conhecimento e a personalização do ensino.

Apesar do crescente interesse e da expansão dessas ferramentas, ainda são escassos os estudos que analisam de forma sistemática os impactos da RA e da RV na formação veterinária, especialmente no que tange à aprendizagem prática, à ética educacional e à capacitação docente. Diante dessa lacuna, o presente estudo tem como objetivo analisar criticamente as contribuições da RA e da RV para o ensino prático em medicina veterinária, com foco nas disciplinas de anatomia animal e treinamento cirúrgico. A investigação busca compreender como essas tecnologias podem ser integradas ao currículo de forma eficaz, ética e



acessível, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados para os desafios contemporâneos da prática clínica.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A formação em medicina veterinária exige a consolidação de competências teóricas e práticas, especialmente nas disciplinas de anatomia animal e técnicas cirúrgicas, que constituem pilares fundamentais para a atuação clínica segura e eficaz. O domínio dessas áreas é essencial para a compreensão funcional dos sistemas orgânicos e para a execução de procedimentos técnicos com precisão e responsabilidade ética (Assis Neto, 2023; Malas, 2024).

Tradicionalmente, o ensino dessas disciplinas tem se baseado em práticas presenciais, como dissecação de peças anatômicas, manipulação de cadáveres e uso de animais vivos em atividades didáticas. Embora esse modelo proporcione vivência prática, ele apresenta limitações significativas, como elevado custo operacional, restrições logísticas, questões éticas relacionadas ao bem-estar animal e dificuldades de acesso em instituições com infraestrutura limitada (Franco et al., 2018; OIE, 2021).

Diante desses desafios, tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) têm se destacado como alternativas pedagógicas inovadoras. A RA permite a sobreposição de elementos digitais ao ambiente físico, possibilitando a visualização tridimensional de estruturas anatômicas com alta precisão e interatividade. A RV, por sua vez, oferece ambientes simulados completamente imersivos, nos quais os estudantes podem realizar procedimentos cirúrgicos, explorar sistemas orgânicos e interagir com modelos virtuais em tempo real, promovendo experiências educacionais seguras, acessíveis e personalizadas (Silva et al., 2019; Correia & Bertolini, 2021).

Essas tecnologias representam uma resposta às demandas contemporâneas por inovação curricular, respeito à bioética e ampliação da acessibilidade educacional, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados para os desafios da prática veterinária.

1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A formação prática em medicina veterinária enfrenta entraves significativos relacionados à disponibilidade de recursos biológicos, à infraestrutura laboratorial e às implicações éticas do uso de animais vivos em atividades didáticas. A complexidade anatômica das espécies, aliada à necessidade de repetição de procedimentos cirúrgicos para o desenvolvimento de habilidades motoras finas, exige ambientes controlados e tecnologicamente equipados — condições que nem sempre estão presentes em instituições de ensino superior, sobretudo em contextos de restrição orçamentária ou geográfica (Franco et al., 2018; OIE, 2021).



O modelo tradicional de ensino, baseado em dissecação de cadáveres e prática clínica direta, apresenta baixa escalabilidade, elevado custo operacional e está sujeito a restrições legais e bioéticas. A crescente adoção dos princípios dos 3Rs (Replacement, Reduction, Refinement) e as recomendações de comitês de ética em pesquisa e ensino têm impulsionado a busca por métodos alternativos que preservem o bem-estar animal sem comprometer a qualidade da formação técnica (Russell & Burch, 1959; OIE, 2021).

Nesse cenário, tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) despontam como alternativas promissoras para suprir essas lacunas. A RA permite a visualização tridimensional de estruturas anatômicas sobre o ambiente físico, enquanto a RV oferece simulações clínicas e cirúrgicas em ambientes virtuais seguros e interativos. No entanto, sua implementação enfrenta obstáculos técnicos e pedagógicos, como a ausência de protocolos padronizados para integração curricular, a escassez de estudos comparativos sobre eficácia cognitiva, limitações na fidelidade tátil das simulações e barreiras econômicas para aquisição de equipamentos e licenças de software (Silva et al., 2019; Malas, 2024).

Adicionalmente, observa-se uma lacuna na formação docente voltada para o uso dessas tecnologias, o que compromete sua aplicabilidade em larga escala. A incorporação de RA e RV ao ensino veterinário exige não apenas investimento em infraestrutura tecnológica, mas também capacitação pedagógica e reformulação dos planos de ensino, com vistas à adoção de metodologias ativas e interativas (Steinle et al., 2024).

Diante desse panorama, a presente investigação busca responder à seguinte pergunta norteadora:

“De que maneira a Realidade Aumentada e a Realidade virtual podem ser integradas ao ensino prático da medicina veterinária, promovendo uma formação ética, eficaz e acessível nas áreas de anatomia e treinamento cirúrgico?”

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar de forma crítica as contribuições da Realidade Aumentada (RA) e da Realidade Virtual (RV) para o ensino prático da medicina veterinária, com ênfase nas disciplinas de anatomia animal e treinamento cirúrgico, considerando aspectos pedagógicos, éticos e tecnológicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar as aplicações da RA e da RV no ensino de anatomia animal em cursos de medicina veterinária.
- Avaliar o impacto das simulações cirúrgicas em ambientes virtuais na aquisição de habilidades clínicas e motoras.



- Identificar os benefícios e limitações pedagógicas, técnicas e éticas da utilização de tecnologias imersivas na formação veterinária.
- Propor diretrizes para a implementação curricular de RA e RV em instituições de ensino superior, com foco em acessibilidade, inovação e bem-estar animal.

1.4 JUSTIFICATIVA

A formação prática em medicina veterinária enfrenta desafios éticos, logísticos e pedagógicos que comprometem a qualidade e a equidade do ensino, especialmente nas disciplinas de anatomia animal e cirurgia. O uso de animais vivos para fins didáticos, embora historicamente consolidado, tem sido objeto de crescente questionamento por parte de comitês de ética, organizações internacionais e diretrizes de bem-estar animal, como as estabelecidas pela *World Organisation for Animal Health* (OIE, 2021). Além disso, a manutenção de laboratórios físicos com peças anatômicas reais implica elevados custos operacionais, limitações de conservação e dificuldades de acesso, sobretudo em instituições com infraestrutura reduzida ou localizadas em regiões periféricas (Franco et al., 2018).

Nesse contexto, tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) têm se destacado como alternativas pedagógicas viáveis e inovadoras. A RA permite a sobreposição de modelos tridimensionais sobre o ambiente físico, favorecendo a visualização precisa e interativa de estruturas anatômicas. A RV, por sua vez, possibilita simulações clínicas e cirúrgicas em ambientes virtuais seguros, nos quais os estudantes podem desenvolver habilidades motoras finas, raciocínio clínico e tomada de decisão sem riscos ao paciente animal (Silva et al., 2019; Malas, 2024).

Estudos recentes demonstram que a aplicação de RA e RV como metodologias educacionais favorece o engajamento discente, amplia a compreensão de conteúdos complexos e promove maior retenção de conhecimento, especialmente nas ciências biológicas e da saúde (Correia & Bertolini, 2021; Santos & Silva, 2023). Em revisão sistemática publicada na Educação em Revista, Silva et al. (2019) destacam que a RA melhora significativamente a mediação do conhecimento, permitindo maior interação entre alunos e objetos de estudo. Além disso, Ribeiro et al. (2024) analisam as possibilidades pedagógicas dessas tecnologias na educação inclusiva, evidenciando seu potencial para personalização do ensino e desenvolvimento de competências práticas.

A adoção de RA e RV está alinhada às diretrizes contemporâneas de bem-estar animal e às recomendações de organismos internacionais que incentivam métodos alternativos ao uso de animais em ensino. Sua implementação também favorece a aprendizagem ativa, a personalização de trilhas formativas e a avaliação contínua do desempenho discente, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados para os desafios da prática clínica veterinária.



Diante desse panorama, justifica-se a presente investigação pela necessidade de compreender, sistematizar e propor diretrizes para a integração efetiva de tecnologias imersivas no ensino prático da medicina veterinária, com foco na ética educacional, na inovação curricular e na ampliação da acessibilidade acadêmica.

1.5 REVISÃO DE LITERATURA

A aplicação de tecnologias imersivas, como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV), na educação veterinária tem ganhado destaque nos últimos anos, especialmente em disciplinas que exigem visualização espacial e desenvolvimento de habilidades práticas, como anatomia animal e cirurgia. Essas ferramentas permitem a criação de ambientes interativos e simulados, promovendo aprendizagem ativa, engajamento discente e redução do uso de animais vivos, em consonância com os princípios dos 3Rs e com as diretrizes de bem-estar animal (Russell & Burch, 1959; OIE, 2021).

No ensino de anatomia veterinária, a RA tem sido utilizada para a visualização tridimensional de estruturas corporais, permitindo a manipulação de modelos digitais com alta fidelidade anatômica. Assis Neto (2023) relata a experiência da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP) com o uso da *Anatomage Table*, uma mesa digital interativa que possibilita dissecação virtual e visualização em camadas, promovendo maior compreensão espacial e funcional dos sistemas orgânicos. De forma complementar, Santos e Silva (2023) demonstram que o uso de dispositivos como o HoloLens, integrados a modelos anatômicos em RA, favorece a aprendizagem significativa e a retenção de conhecimento.

A RV, por sua vez, tem sido amplamente empregada em simulações cirúrgicas e treinamentos clínicos. Malas (2024) destaca que ambientes virtuais desenvolvidos com motores gráficos como Unity 3D permitem a prática de procedimentos como sutura, anestesia e manipulação de instrumentos, com feedback háptico e avaliação de desempenho. Tais simulações oferecem um ambiente seguro e controlado para o desenvolvimento de habilidades motoras finas e raciocínio clínico, reduzindo a ansiedade dos estudantes e promovendo a autoconfiança.

Além dos benefícios técnicos, a literatura aponta para o potencial inclusivo e personalizável dessas tecnologias. Ribeiro et al. (2024) analisam a aplicação de RA e RV na educação inclusiva, evidenciando sua capacidade de adaptação a diferentes estilos de aprendizagem, dificuldades motoras e limitações geográficas. A integração dessas ferramentas a plataformas educacionais gamificadas, como demonstrado por Steinle et al. (2024), permite o acompanhamento do progresso discente, a personalização de trilhas formativas e a incorporação de elementos interativos, como quizzes e desafios.

Correia e Bertolini (2021) reforçam que a adoção de RA e RV como metodologias educacionais contribui para o engajamento dos estudantes e amplia a compreensão de conteúdos complexos,



especialmente nas ciências biológicas. Em revisão sistemática, Silva et al. (2019) destacam que a RA melhora significativamente a mediação do conhecimento, promovendo maior interação entre alunos e objetos de estudo.

Em síntese, os estudos analisados convergem para a constatação de que a integração de tecnologias imersivas no ensino veterinário não apenas melhora o desempenho acadêmico, mas também contribui para uma formação mais ética, segura, acessível e tecnicamente sólida.

2 METODOLOGIA

A escolha metodológica deste estudo está fundamentada na necessidade de compreender, de forma sistemática e crítica, como as tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) têm sido aplicadas no contexto da educação veterinária, com foco nas disciplinas de anatomia animal e treinamento cirúrgico. Considerando o caráter emergente e multidisciplinar do tema, optou-se por uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e descritiva, que permite a análise aprofundada de experiências documentadas na literatura científica recente.

A investigação buscou identificar, categorizar e interpretar os principais usos pedagógicos dessas tecnologias, destacando seus impactos na aprendizagem prática, na ética educacional e na formação técnica dos estudantes. Para isso, foram definidos critérios rigorosos de seleção de fontes, priorizando estudos publicados em periódicos indexados, teses acadêmicas e revisões sistemáticas que abordam diretamente o uso de RA e RV na medicina veterinária.

2.1 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar evidências científicas sobre a aplicação de RA e RV na educação veterinária. A coleta de dados foi realizada entre agosto e outubro de 2025, utilizando as bases indexadas Scielo, PubMed, ScienceDirect e Google Scholar.

Os descritores utilizados foram: “realidade aumentada”, “realidade virtual”, “educação veterinária”, “anatomia animal”, “simulação cirúrgica” e “tecnologias imersivas”. Foram aplicados filtros por idioma (português, inglês e espanhol), período de publicação (2019–2025) e tipo de documento (artigos científicos, teses e dissertações). Após triagem e análise de relevância, foram selecionados sete estudos que atendiam aos critérios de inclusão definidos.

2.2 TIPO DE PESQUISA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza exploratória e abordagem descritiva. A escolha desse delineamento metodológico justifica-se pela necessidade de compreender



fenômenos educacionais complexos e emergentes, como o uso de tecnologias imersivas em contextos de ensino prático veterinário, sem a pretensão de mensuração estatística. A abordagem qualitativa permite captar nuances pedagógicas, éticas e técnicas que não seriam acessíveis por métodos quantitativos tradicionais..

2.3 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Os dados foram organizados em uma matriz temática, com categorias previamente definidas, baseada nos objetivos específicos desta pesquisa:

- Aplicações de RA/RV no ensino de anatomia
- Simulações cirúrgicas em ambientes virtuais
- Impacto na aprendizagem e retenção de conhecimento
- Barreiras técnicas e pedagógicas

Cada estudo foi analisado quanto à metodologia empregada, tecnologias utilizadas, público-alvo, resultados obtidos e limitações apontadas pelos autores. Para garantir a consistência e a relevância dos estudos incluídos, foram adotados critérios de inclusão e exclusão rigorosos, conforme sintetizado na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorias de Análise

Categoria	Descrição
Anatomia com RA	Uso de modelos 3D para visualização de estruturas anatômicas
Cirurgia com RV	Simulações de procedimentos clínicos e cirúrgicos
Desempenho acadêmico	Indicadores de retenção, engajamento e autonomia
Barreiras de implementação	Custos, capacitação docente, infraestrutura e resistência institucional

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

2.4 TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS

A incorporação de tecnologias imersivas no ensino veterinário representa uma mudança paradigmática na forma como competências práticas são desenvolvidas em ambientes acadêmicos. A Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) têm sido progressivamente adotadas como ferramentas pedagógicas que permitem superar limitações éticas, logísticas e operacionais associadas ao modelo tradicional de ensino, especialmente nas disciplinas de anatomia animal e cirurgia veterinária.

A RA é caracterizada pela sobreposição de elementos digitais tridimensionais ao ambiente físico, permitindo que os estudantes visualizem estruturas anatômicas com alta precisão, interatividade e contextualização espacial. Essa tecnologia tem sido aplicada por meio de dispositivos como o Microsoft HoloLens, que projeta modelos anatômicos em escala real sobre superfícies físicas, e plataformas como



ZSpace, que oferecem experiências de manipulação em tempo real com resposta visual e tátil. Tais recursos favorecem a aprendizagem significativa, pois permitem a exploração ativa dos sistemas corporais, com possibilidade de rotação, dissecação virtual e visualização em camadas (Silva et al., 2019; Ribeiro et al., 2024).

A RV, por sua vez, proporciona ambientes completamente simulados, nos quais os estudantes podem realizar procedimentos clínicos e cirúrgicos sem riscos ao paciente animal. Utilizando motores gráficos como Unity 3D e Unreal Engine, são desenvolvidos cenários realistas que reproduzem salas cirúrgicas, laboratórios e situações clínicas diversas. Nesses ambientes, os alunos podem praticar técnicas como sutura, anestesia, intubação e manipulação de instrumentos, com suporte de feedback háptico — que simula a resistência e textura dos tecidos — e sistemas de avaliação automatizada de desempenho (Malas, 2024; Santos & Silva, 2023).

Uma das tecnologias mais consolidadas na área de anatomia é a Anatomage Table, uma mesa digital interativa que permite a dissecação virtual de modelos anatômicos humanos e animais. Essa ferramenta tem sido amplamente utilizada em instituições de ensino superior, como a FMVZ-USP, por sua capacidade de oferecer visualizações em alta resolução, com segmentação por sistemas orgânicos e integração com bancos de dados anatômicos. A Anatomage Table permite ainda a comparação entre espécies, o que é particularmente relevante para cursos de medicina veterinária voltados à clínica de animais silvestres, de grande porte ou exóticos (Assis Neto, 2023).

Além das ferramentas de visualização e simulação, plataformas educacionais baseadas em RA/RV têm sido integradas a sistemas de gestão de aprendizagem (LMS), como Moodle e Canvas, permitindo o acompanhamento do progresso discente, a personalização de trilhas formativas e a incorporação de elementos gamificados. Steinle et al. (2024) destacam que o uso de quizzes interativos, desafios clínicos e simulações adaptativas contribui para o engajamento dos estudantes e para a consolidação de competências práticas em ambientes digitais.

Essas tecnologias não apenas ampliam o acesso ao conhecimento técnico, como também promovem inclusão educacional. Estudantes com dificuldades motoras, limitações geográficas ou estilos cognitivos diversos podem se beneficiar de recursos adaptativos, como controle por voz, navegação por gestos e acesso remoto a conteúdos interativos. A personalização do ritmo de aprendizagem e a possibilidade de revisão contínua dos procedimentos favorecem a autonomia discente e a equidade no processo formativo (Ribeiro et al., 2024).

Na tabela 2 apresenta-se uma síntese das principais tecnologias identificadas nos estudos analisados, com destaque para sua finalidade pedagógica e aplicação prática.



Tabela 2 – Tecnologias Utilizadas nos Estudos

Estudo	Tecnologia Aplicada	Finalidade Pedagógica
Assis Neto (2023)	Anatomage Table	Estudo de anatomia comparada
Malas (2024)	RV com Unity 3D	Simulação de cirurgias em pequenos animais
Ribeiro et al. (2024)	ZSpace + RA	Ensino inclusivo e personalizado
Santos e Silva (2023)	HoloLens + RA	Visualização tridimensional de peças anatômicas
Steinle et al. (2024)	Plataforma gamificada	Educação continuada com simulações e quizzes

A análise dessas tecnologias evidencia não apenas sua viabilidade técnica, mas também seu potencial transformador para a educação veterinária, ao promover uma formação mais ética, acessível, eficaz e alinhada às demandas contemporâneas da prática profissional.

3 RESULTADOS ESPERADOS

A presente investigação, ao analisar criticamente o uso de tecnologias imersivas como Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) no ensino prático da medicina veterinária, espera gerar contribuições teóricas e aplicadas que impactem diretamente a modernização curricular, a formação técnica dos discentes e a adoção de práticas pedagógicas mais éticas, inclusivas e eficazes. Os resultados esperados estão organizados em cinco eixos temáticos interdependentes.

3.1 APRIMORAMENTO DA APRENDIZAGEM ANATÔMICA

Espera-se que a utilização de RA e RV proporcione ganhos significativos na compreensão tridimensional das estruturas anatômicas, especialmente em espécies de grande porte ou com anatomia complexa. A manipulação de modelos digitais interativos permite que os estudantes explorem sistemas musculoesqueléticos, nervosos e circulatórios com maior precisão, favorecendo a aprendizagem significativa.

Estudos como os de Assis Neto (2023) e Silva et al. (2019) demonstram que a visualização em camadas e a dissecação virtual promovem maior retenção de conhecimento e compreensão espacial, superando limitações dos métodos tradicionais baseados em peças fixadas ou cadáveres.

3.2 DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES CLÍNICO-CIRÚRGICAS

A RV aplicada à simulação de procedimentos cirúrgicos permite que os estudantes pratiquem técnicas como sutura, anestesia, intubação e manipulação de instrumentos em ambientes controlados, sem riscos ao paciente animal. Espera-se que essa prática repetitiva e segura contribua para o desenvolvimento de habilidades motoras finas, raciocínio clínico e tomada de decisão sob pressão.



Segundo Malas (2024), o uso de simuladores com feedback háptico melhora a precisão dos movimentos e reduz a ansiedade dos alunos durante os primeiros atendimentos clínicos reais. Além disso, a possibilidade de repetir procedimentos quantas vezes forem necessárias favorece a consolidação de competências práticas.

3.3 REDUÇÃO ÉTICA E LOGÍSTICA DO USO DE ANIMAIS

Um dos principais resultados esperados é a redução significativa do uso de animais vivos em atividades didáticas, em conformidade com os princípios dos 3Rs (*Replacement, Reduction, Refinement*). A substituição parcial ou total de práticas invasivas por simulações digitais contribui para o bem-estar animal e atende às exigências de comitês de ética em pesquisa e ensino.

Correia e Bertolini (2021) destacam que a adoção de tecnologias imersivas representa um avanço ético e pedagógico, permitindo que os estudantes desenvolvam competências técnicas sem infringir normas de proteção animal.

3.4 INCLUSÃO, ACESSIBILIDADE E PERSONALIZAÇÃO DO ENSINO

As tecnologias de RA e RV também oferecem oportunidades para tornar o ensino mais inclusivo e acessível. Espera-se que os resultados revelem benefícios para estudantes com diferentes estilos de aprendizagem, dificuldades motoras ou limitações geográficas, uma vez que os conteúdos podem ser acessados remotamente e adaptados às necessidades individuais.

Ribeiro et al. (2024) apontam que a personalização do ritmo de aprendizagem e a possibilidade de revisão contínua dos conteúdos favorecem a autonomia estudantil e a equidade no processo formativo.

3.5 INOVAÇÃO CURRICULAR E FORMAÇÃO DOCENTE

Outro resultado esperado é a identificação de diretrizes para a integração curricular de RA e RV, com propostas de formação continuada para docentes e desenvolvimento de materiais didáticos interativos. A pesquisa poderá subsidiar políticas institucionais de inovação pedagógica e orientar investimentos em infraestrutura tecnológica. Steinle et al. (2024) sugerem que a adoção bem-sucedida dessas tecnologias depende não apenas da aquisição de equipamentos, mas também da capacitação dos professores e da reformulação dos planos de ensino.

A integração de RA e RV exige uma abordagem sistêmica, que envolva desde a revisão dos objetivos de aprendizagem até a adaptação dos métodos de avaliação. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para a construção de um modelo pedagógico que valorize a aprendizagem ativa, a personalização do ensino e o uso ético de recursos tecnológicos.

Para ilustrar de forma integrada os principais impactos esperados da aplicação de RA e RV na educação veterinária, apresenta-se a seguir a Figura 1, que sintetiza os cinco eixos temáticos discutidos nesta seção. O modelo conceitual destaca as inter-relações entre os aspectos pedagógicos, éticos e tecnológicos, evidenciando como essas ferramentas podem transformar o ensino prático em medicina veterinária.

A aplicação de tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) na educação veterinária tem potencial para transformar profundamente os processos de ensino-aprendizagem, especialmente nas disciplinas que exigem domínio prático e visualização espacial. Os impactos esperados dessa integração tecnológica podem ser organizados em cinco eixos interdependentes, que juntos compõem um modelo conceitual de inovação pedagógica.

O primeiro eixo refere-se à aprendizagem anatômica, que se beneficia diretamente da visualização tridimensional proporcionada por modelos digitais interativos. A manipulação de estruturas anatômicas em ambientes virtuais permite aos estudantes explorar sistemas corporais com maior profundidade, promovendo uma compreensão mais precisa e duradoura. Essa abordagem supera limitações dos métodos tradicionais, como o uso de peças fixadas ou cadáveres, e favorece a aprendizagem significativa, conforme demonstrado por Assis Neto (2023) e Silva et al. (2019).

Figura 1 - Impactos esperados da RA/RV



Fonte: Elaborado pelo Autor (2025)

O segundo eixo diz respeito ao desenvolvimento de habilidades técnicas, especialmente no contexto clínico e cirúrgico. A RV permite a simulação de procedimentos como sutura, anestesia e manipulação de



instrumentos, em ambientes seguros e controlados. Essa prática repetitiva e livre de riscos contribui para o aprimoramento da coordenação motora, da tomada de decisão e da autoconfiança dos estudantes, como evidenciado por Malas (2024) e Santos e Silva (2023).

O terceiro eixo aborda a dimensão ética e o bem-estar animal, destacando a importância de substituir práticas invasivas por métodos digitais. A adoção de RA e RV está alinhada aos princípios dos 3Rs (Replacement, Reduction, Refinement), promovendo uma formação técnica que respeita os direitos dos animais e atende às exigências dos comitês de ética em ensino. Correia e Bertolini (2021) reforçam que essa transição representa um avanço não apenas tecnológico, mas também moral e institucional.

O quarto eixo contempla a inclusão e acessibilidade, evidenciando como essas tecnologias podem atender diferentes perfis de estudantes. A possibilidade de acesso remoto, personalização do ritmo de aprendizagem e adaptação de conteúdos para necessidades específicas favorece a equidade educacional. Ribeiro et al. (2024) destacam que a RA e a RV ampliam as oportunidades de aprendizagem para alunos com dificuldades motoras, limitações geográficas ou estilos cognitivos diversos.

Por fim, o quinto eixo trata da inovação curricular, que envolve a reformulação dos planos de ensino, a capacitação docente e a incorporação de ferramentas digitais como parte estruturante da formação veterinária. Steinle et al. (2024) apontam que a integração bem-sucedida dessas tecnologias depende de uma abordagem institucional que valorize a formação continuada dos professores e o investimento em infraestrutura tecnológica.

Esses cinco eixos, embora distintos, convergem para um objetivo comum: promover uma educação veterinária mais ética, eficaz, acessível e alinhada às demandas contemporâneas da prática profissional. O modelo conceitual apresentado na Figura 1 sintetiza essa inter-relação, servindo como base para futuras propostas de implementação curricular e avaliação pedagógica.

Elaborou-se um quadro comparativo na qual sintetiza as principais distinções pedagógicas, éticas e operacionais entre o modelo tradicional de ensino veterinário e aquele que integra tecnologias imersivas, como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV), evidenciando os impactos dessas abordagens na formação prática, na acessibilidade educacional e no bem-estar animal.



Quadro 1 - Análise Comparativa entre Modelos de Ensino Veterinário: Tradicional vs. Tecnologias Imersivas (RA/RV)

Aspecto	Ensino Tradicional	Ensino com RA/RV
Visualização anatômica	Limitada a peças físicas, com restrições de conservação e manipulação	Interativa, tridimensional, com possibilidade de dissecação virtual em tempo real
Prática cirúrgica	Dependente de animais vivos, com riscos éticos e operacionais	Simulações seguras e repetíveis em ambientes virtuais controlados
Ética e bem-estar animal	Uso invasivo de espécimes, sujeito a restrições legais e bioéticas	Redução ou substituição de práticas invasivas, alinhado aos princípios dos 3Rs
Acessibilidade	Presencial, com limitações geográficas e físicas	Remota, inclusiva e adaptável a diferentes perfis de estudantes
Avaliação de desempenho	Subjetiva, pontual e dependente da observação direta do docente	Objetiva, contínua, com feedback automatizado e rastreável
Engajamento estudantil	Variável, com dependência de recursos físicos e motivação extrínseca	Elevado, com uso de gamificação, interatividade e autonomia no processo de estudo
Custo operacional	Alto, devido à manutenção de laboratórios, peças anatômicas e manejo de animais	Inicialmente elevado, mas com redução progressiva e escalabilidade institucional
Formação docente	Baseada em métodos convencionais, com pouca integração tecnológica	Exige capacitação contínua e domínio de ferramentas digitais

Fonte: Elaborado pelo Autor(2025). Nota: Os aspectos comparados foram definidos com base nos estudos analisados na revisão bibliográfica e nos eixos conceituais apresentados na Figura 1.

A análise comparativa apresentada no Quadro 1 evidencia transformações significativas na estrutura e na dinâmica do ensino veterinário quando se incorporam tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV). Enquanto o modelo tradicional se apoia em práticas presenciais, uso intensivo de recursos físicos e dependência de animais vivos, o modelo tecnológico propõe uma abordagem mais ética, interativa e acessível.

No aspecto anatômico, a RA e a RV oferecem visualizações tridimensionais que superam as limitações das peças físicas, permitindo dissecação virtual, rotação de estruturas e exploração em camadas. Isso favorece a compreensão espacial e funcional dos sistemas orgânicos, especialmente em espécies de difícil manipulação.

Quanto à prática cirúrgica, as simulações virtuais representam um avanço pedagógico e ético, ao permitir que os estudantes desenvolvam habilidades técnicas em ambientes seguros, com possibilidade de repetição e avaliação automatizada. Essa abordagem reduz riscos operacionais e promove maior confiança clínica.

A dimensão ética é particularmente relevante, pois a substituição de práticas invasivas por simulações digitais está alinhada aos princípios dos 3Rs e às diretrizes de bem-estar animal. Além disso, o ensino com RA/RV amplia a acessibilidade, permitindo que estudantes com limitações motoras, geográficas ou cognitivas tenham acesso a conteúdos práticos de forma personalizada.

Por fim, a inovação curricular e a formação docente emergem como elementos estruturantes desse novo paradigma. A integração de tecnologias exige capacitação contínua, reformulação dos planos de



ensino e investimento institucional, mas oferece em contrapartida um modelo educacional mais eficiente, inclusivo e alinhado às demandas contemporâneas da profissão veterinária.

4 DISCUSSÃO

Os resultados esperados desta investigação apontam para um conjunto de transformações significativas na educação veterinária, especialmente no ensino prático de anatomia animal e treinamento cirúrgico, a partir da incorporação de tecnologias imersivas como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV). A análise dos estudos selecionados permite discutir os impactos pedagógicos, éticos e operacionais dessas ferramentas, bem como suas implicações para a inovação curricular e a formação docente.

A aprendizagem anatômica, tradicionalmente baseada na dissecação de peças físicas e cadáveres, apresenta limitações quanto à conservação, manipulação e acessibilidade. A RA, ao permitir a visualização tridimensional de estruturas orgânicas com alta fidelidade, supera essas barreiras e promove uma compreensão espacial mais precisa. Assis Neto (2023) e Silva et al. (2019) demonstram que a dissecação virtual e a manipulação de modelos digitais favorecem a retenção de conhecimento e a aprendizagem significativa, especialmente em espécies com anatomia complexa.

No contexto cirúrgico, a RV tem se mostrado eficaz na simulação de procedimentos clínicos, permitindo a prática repetitiva em ambientes seguros e controlados. Malas (2024) destaca que o uso de simuladores com feedback háptico contribui para o desenvolvimento de habilidades motoras finas e para a redução da ansiedade dos estudantes em situações clínicas reais. Essa abordagem representa um avanço em relação ao modelo tradicional, que depende do uso de animais vivos e está sujeito a restrições éticas e legais.

A dimensão ética é central na discussão sobre o uso de tecnologias imersivas. A substituição parcial ou total de práticas invasivas por simulações digitais está alinhada aos princípios dos 3Rs e às diretrizes internacionais de bem-estar animal (OIE, 2021). Correia e Bertolini (2021) reforçam que essa transição representa não apenas uma inovação tecnológica, mas também uma mudança de paradigma institucional, que valoriza a formação ética e responsável dos futuros profissionais.

Outro aspecto relevante é a inclusão educacional. A RA e a RV oferecem recursos adaptativos que permitem a personalização do ensino, o acesso remoto aos conteúdos e a adaptação às necessidades específicas dos estudantes. Ribeiro et al. (2024) evidenciam que essas tecnologias ampliam as oportunidades de aprendizagem para alunos com dificuldades motoras, limitações geográficas ou estilos cognitivos diversos, promovendo equidade e autonomia no processo formativo.

Por fim, a discussão sobre inovação curricular e formação docente revela que a adoção de RA e RV exige uma abordagem sistêmica, que envolva capacitação pedagógica, reformulação dos planos de ensino e investimento em infraestrutura tecnológica. Steinle et al. (2024) apontam que a integração bem-sucedida



dessas ferramentas depende da valorização institucional da inovação educacional e da criação de ambientes de aprendizagem interativos e gamificados.

Em síntese, a discussão dos achados reforça a hipótese central deste estudo: a integração de tecnologias imersivas no ensino prático da medicina veterinária tem potencial para promover uma formação mais ética, eficaz, acessível e alinhada às demandas contemporâneas da prática clínica. Os resultados aqui analisados oferecem subsídios para a construção de diretrizes curriculares e políticas institucionais voltadas à modernização da educação veterinária.

5 CONCLUSÃO

A presente investigação evidenciou que a incorporação de tecnologias imersivas, como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV), representa uma estratégia pedagógica promissora para o ensino prático da medicina veterinária, especialmente nas disciplinas de anatomia animal e treinamento cirúrgico. A análise sistemática da literatura revelou que essas ferramentas contribuem para a superação de limitações éticas, logísticas e operacionais associadas ao modelo tradicional de ensino, promovendo uma formação mais segura, acessível e tecnicamente qualificada.

A RA demonstrou eficácia na visualização tridimensional de estruturas anatômicas, favorecendo a compreensão espacial e funcional dos sistemas orgânicos. A RV, por sua vez, mostrou-se eficiente na simulação de procedimentos clínicos e cirúrgicos, permitindo a prática repetitiva em ambientes controlados, com redução de riscos ao paciente animal. Ambas as tecnologias estão alinhadas aos princípios dos 3Rs e às diretrizes internacionais de bem-estar animal, reforçando o compromisso ético da formação veterinária contemporânea.

Além dos ganhos técnicos e éticos, os resultados apontam para o potencial inclusivo e personalizável dessas ferramentas, que ampliam o acesso ao ensino prático e favorecem a autonomia discente. A integração de RA e RV ao currículo exige, contudo, investimentos em infraestrutura tecnológica, capacitação docente e reformulação dos planos de ensino, de modo a garantir sua aplicabilidade em larga escala.

Conclui-se, portanto, que a adoção de tecnologias imersivas na educação veterinária não se configura apenas como uma inovação técnica, mas como uma transformação paradigmática que responde às demandas contemporâneas por qualidade pedagógica, responsabilidade ética e equidade educacional. Os achados deste estudo oferecem subsídios para o desenvolvimento de diretrizes institucionais e políticas públicas voltadas à modernização da formação veterinária, com vistas à construção de um ensino mais ético, eficaz e acessível.



5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante dos avanços identificados nesta pesquisa e considerando os limites metodológicos decorrentes da abordagem teórica e da ausência de dados empíricos, torna-se pertinente propor direções para investigações futuras que possam aprofundar e validar os achados aqui discutidos.

Em primeiro lugar, recomenda-se a realização de estudos empíricos comparativos, que avaliem o desempenho de estudantes submetidos a metodologias tradicionais versus aqueles que utilizam tecnologias imersivas como RA e RV. Tais pesquisas podem mensurar indicadores objetivos de aprendizagem, como retenção de conhecimento, tempo de execução de procedimentos e acurácia técnica, contribuindo para a consolidação de evidências científicas sobre a eficácia pedagógica dessas ferramentas.

Além disso, é relevante o desenvolvimento de protocolos pedagógicos específicos para a aplicação de RA/RV em disciplinas práticas da medicina veterinária, como anatomia, clínica cirúrgica e diagnóstico por imagem. Esses protocolos devem considerar aspectos como carga horária, objetivos de aprendizagem, critérios de avaliação e integração curricular, permitindo que as tecnologias sejam incorporadas de forma sistemática e alinhada às diretrizes educacionais.

Outra frente de pesquisa promissora envolve a análise de custo-benefício institucional, considerando os investimentos necessários para aquisição de equipamentos, capacitação docente e manutenção das plataformas digitais. Estudos que relacionem esses custos com os ganhos acadêmicos e operacionais podem subsidiar decisões estratégicas de gestores educacionais e orientar políticas públicas voltadas à inovação no ensino superior.

Sugere-se também a realização de estudos longitudinais, que acompanhem o impacto da RA/RV ao longo de ciclos formativos completos, desde o ingresso dos estudantes até sua atuação profissional. Essa abordagem permitiria avaliar não apenas o desempenho acadêmico, mas também a influência das tecnologias na construção de competências clínicas, na ética profissional e na empregabilidade dos egressos.

Por fim, destaca-se a importância de investigações voltadas à acessibilidade digital e inclusão educacional, especialmente em contextos de ensino remoto, educação a distância e formação de estudantes com necessidades especiais. A RA e a RV oferecem potencial para personalização do ensino, mas é necessário compreender como essas ferramentas podem ser adaptadas para garantir equidade e participação plena de todos os perfis estudantis.

Essas propostas de continuidade científica não apenas ampliam o escopo da presente pesquisa, como também contribuem para o fortalecimento de uma cultura acadêmica voltada à inovação, à ética e à excelência na formação veterinária.



REFERÊNCIAS

ASSIS NETO, A. C. Aplicações da Anatomage Table no ensino de anatomia comparada. *Revista de Educação Veterinária*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 45–58, 2023.

CORREIA, L. M.; BERTOLINI, R. S. Tecnologias imersivas na educação em ciências biológicas: uma abordagem ética e pedagógica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 112–130, 2021.

EDUCAUSE. *Horizon Report: Teaching and Learning Edition*. Boulder: EDUCAUSE, 2023. Disponível em: <https://library.educause.edu>. Acesso em: 16 out. 2025.

FRANCO, N. H.; OLIVEIRA, A. G.; GRANT, R. C. The principles of the 3Rs and their application in animal research. *Laboratory Animals*, London, v. 52, n. 6, p. 587–595, 2018.

HOLONIQ. *Global Education Technology Market Report*. Sydney: HolonIQ, 2024. Disponível em: <https://www.holoniq.com>. Acesso em: 10 out. 2025.

MALAS, M. Simulações cirúrgicas em ambientes virtuais: uma abordagem prática para o ensino veterinário. *Journal of Veterinary Simulation*, Londres, v. 9, n. 1, p. 23–39, 2024.

OIE – World Organisation for Animal Health. *Guidelines for Animal Welfare in Education and Research*. Paris: OIE, 2021. Disponível em: <https://www.oie.int>. Acesso em: 12 out. 2025.

RIBEIRO, T. M.; ALMEIDA, J. C.; COSTA, F. R. Tecnologias imersivas e inclusão educacional: potencialidades da RA e RV no ensino superior. *Revista Educação & Inclusão*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 77–94, 2024.

RUSSELL, W. M. S.; BURCH, R. L. *The Principles of Humane Experimental Technique*. London: Methuen, 1959.

SANTOS, V. A.; SILVA, M. R. Realidade aumentada no ensino de anatomia veterinária: uma experiência com HoloLens. *Revista de Inovação Pedagógica*, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 65–80, 2023.

SILVA, D. F. et al. Realidade aumentada como ferramenta de mediação do conhecimento em ciências biológicas: uma revisão sistemática. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 35, n. 1, p. 1–20, 2019.

STEINLE, G. M.; PEREIRA, L. S.; MORAES, A. R. Plataformas gamificadas e tecnologias imersivas na educação continuada veterinária. *Revista de Educação Digital*, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 101–118, 2024.