

DEDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA E A UTILIZAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA FORMAÇÃO DE INVESTIGADORES DE INCÊNDIO: DESAFIOS E POSSIBILIDADES

André Porto ¹
Ana Michelle Pastana de Souza ²
Letícia Amorim Azevedo ³
Pablo Rodrigues Muniz ⁴

RESUMO

Este estudo investigou os desafios e possibilidades da integração de metodologias de ensino que utilizem realidade virtual e aumentada (RV/RA) em contraste com o ensino tradicional no contexto da formação de investigadores de incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES) sob a perspectiva da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. O objetivo geral foi analisar como a RV/RA podem ser aplicadas de forma adequada na formação de investigadores de incêndio do CBMES. Os objetivos específicos foram: (1) identificar as principais aplicações de RV/RA na formação de investigadores de incêndio em contraste com a atual realidade do CBMES; (2) analisar a utilização dessas tecnologias em relação ao engajamento e compreensão dos alunos; e (3) analisar os desafios para a implementação da RV/RA na formação de investigadores de incêndios e propor estratégias para superá-los. A metodologia envolveu revisão bibliográfica e análise dos achados comparando-os com a realidade local. Os resultados indicaram que a RV/RA oferecem experiências imersivas e interativas que podem enriquecer o processo de ensino-aprendizagem aumentando o engajamento e a compreensão dos conteúdos pelos aprendizes. No entanto, desafios como o acesso a equipamentos e recursos adequados com a ruptura com o conceito de “custo” para “investimento”, a formação de instrutores em novas tecnologias de ensino e a mudança de cultura institucional no quesito formação profissional ainda são desafios a serem superados para uma implementação efetiva. Concluiu-se que a principal possibilidade de aplicação da RV/RA para a formação de investigadores de incêndio atualmente é na construção de incursões virtuais em ambientes incendiados registrados em imagens em 360°; que aumentou o engajamento e compreensão dos aprendizes que experimentaram a incursão virtual; e que, apesar dos desafios, a RV/RA representam uma oportunidade promissora para transformar a formação de investigadores de incêndio no CBMES em uma experiência significativa e duradoura.

Palavras-chave: educação profissional e tecnológica, investigadores de incêndio, realidade virtual, realidade aumentada, tecnologias educacionais

¹ Mestrando do Curso de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal do Espírito Santo, professorandreporto@gmail.com;

² Mestranda do Curso de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal do Espírito Santo, anachelle015@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica Tecnológica do Instituto Federal do Espírito Santo, leticiaamorimazevedo@gmail.com;

⁴ Professor orientador: Doutor em Engenharia Industrial – UFBA, Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo, Professor do Programa de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica do Instituto Federal do Espírito Santo, pablorm@ifes.edu.br.

INTRODUÇÃO

Contemporaneamente a educação e ensino tem absorvido novas técnicas que hoje chamamos de metodologias ativas como o principal objetivo de engajar os alunos em uma aprendizagem mais significativa do que os métodos tradicionais.

Este contexto também engloba a formação profissional de trabalhadores em profissões de risco. Em destaque os investigadores de incêndio que no Brasil são bombeiros militares de carreira pública. Para exercer suas atividades são demandadas diversas habilidades tanto teóricas quanto práticas.

Assim, tecnologias como realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) emergem como ferramentas educacionais inovadoras com a potencialidade de criar vivências imersivas e engajadoras.

Mas antes de discutir sobre o tema, devemos incluir como plano fundamental de análise de todos os achados a teoria de aprendizagem significativa de David P. Ausubel que foi utilizada como marco teórico para compreender os achados desse artigo.

Continuando, a presente pesquisa investigou os desafios e possibilidades da utilização da RV e RA no treinamento de investigadores de incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES). Ele se justifica na necessidade de propor métodos de ensino novos e alternativos àqueles que dependem de locais fisicamente incendiados para realizar atividades práticas de aprendizes à investigadores de incêndios e explosões.

O objetivo geral foi analisar como a RV/RA podem ser aplicadas de forma adequada na formação de investigadores de incêndio do CBMES. Enquanto os objetivos específicos foram: (1) identificar as principais aplicações de RV/RA na formação de investigadores de incêndio em contraste com a atual realidade do CBMES; (2) analisar a utilização dessas tecnologias em relação ao engajamento e compreensão dos alunos; e (3) analisar os desafios para a implementação da RV/RA na formação de investigadores de incêndios e propor estratégias para superá-los.

Esta pesquisa tem natureza aplicada e teve como metodologia principal a revisão bibliográfica e análise dos achados comparando-os com a realidade local.

Em síntese, os achados da pesquisa em comparação com a realidade local demonstraram que a utilização de RV/RA aumentam o engajamento e melhora a compreensão dos conteúdos teóricos abordados otimizando a *práxis* pedagógica. No entanto, desafios como o acesso a equipamentos e recursos adequados com a ruptura do

conceito de “custo” para “investimento”, a formação de instrutores em novas tecnologias de ensino e a mudança de cultura institucional no quesito formação profissional ainda são desafios a serem superados para uma implementação efetiva.

Por fim, concluiu-se que a principal possibilidade de aplicação da RV/RA para a formação de investigadores de incêndio atualmente é na construção de incursões virtuais em ambientes incendiados registrados em imagens em 360°; que aumentou o engajamento e compreensão dos aprendizes que experimentaram a incursão virtual; e que, apesar dos desafios, a RV/RA representam uma oportunidade promissora para transformar a formação de investigadores de incêndio no CBMES em uma experiência significativa e duradoura.

METODOLOGIA

Esta pesquisa tem natureza aplicada e teve como metodologia principal a revisão bibliográfica e análise dos achados comparando-os com a realidade local. Essa revisão ocorreu a partir de bases de pesquisa dispostas pela internet, sendo elas, o próprio portal de periódicos da Capes, sistemas de pesquisa de artigos científicos com *Scielo*, *Direct Science*, *Google*, *Google Acadêmico*, bem como livros e documentos técnicos da área de educação, ensino e investigação de incêndio. Então, feita a revisão, comparou-se o que se encontrou em literatura com a realidade local do CBMES na utilização de produtos educacionais envolvendo RV/RA.

Durante o decorrer da pesquisa houve uma aplicação de um produto educacional com uma turma de bombeiros militares em formação utilizando RV que foi utilizada como uma das bases de comparação com a bibliografia encontrada. Esta coleta de dados ocorreu através de uma Pesquisa de Levantamento voluntária e anônima dentro dos ditâmes legais e aprovação ética de acordo com as normas vigentes. E sem esquecer, todas as imagens, tabelas e gráficos utilizados foram devidamente citados e/ou autorizados a terem sua inclusão neste trabalho, garantindo o anonimato quando for o caso.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico que sustenta a presente pesquisa sobre a integração de tecnologias de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) na formação de investigadores de incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (CBMES)

está fortemente embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, que desde suas primeiras formulações, tem sido reconhecida por suas contribuições para a compreensão dos processos cognitivos relacionados à aquisição de conhecimento.

Ausubel propôs que o processo de aprendizagem não ocorre de maneira isolada, mas sim por meio da conexão de novos conceitos a ideias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo de ancoragem permite que o novo conhecimento seja assimilado de forma profunda e duradoura, tornando a aprendizagem mais significativa e eficaz (Ausubel, 2003; Moreira, 2022).

A utilização de RV e RA também está diretamente relacionada às metodologias ativas de ensino, que têm ganhado destaque no campo educacional contemporâneo. Segundo Bacich e Moran (2018), essas metodologias colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem, incentivando sua participação ativa e protagonista na construção do conhecimento.

Em vez de serem meros receptores passivos de informações, os alunos passam a ser agentes ativos em sua própria formação, explorando, investigando e tomando decisões que influenciam diretamente o seu aprendizado. A integração de novas tecnologias ao processo educacional intensifica essa experiência, permitindo que os aprendizes assumam um papel ainda mais ativo, ao interagirem com ambientes virtuais que simulam situações reais de maneira detalhada e controlada.

Nesse contexto, as metodologias educacionais que utilizam RV e RA permitem aos aprendizes vivenciarem situações que integram teoria e prática de maneira simultânea oferecendo um ambiente interativo e seguro no qual os alunos podem experimentar diferentes cenários e resultados sem estarem sujeitos aos riscos reais do treinamento em ambientes perigosos.

Essas ferramentas tecnológicas têm o potencial de criar experiências de aprendizagem engajadoras e imersivas, que não apenas facilitam a assimilação de conceitos teóricos, mas também promovem o desenvolvimento de habilidades práticas.

Assim, a formação de investigadores de incêndio é um campo que se beneficia amplamente dessa abordagem. A prática investigativa, que requer a identificação de marcas deixadas por incêndios, envolve a aplicação de conhecimentos teóricos de maneira prática e muitas vezes em condições adversas. Por isso a RV e a RA permitem que os alunos tenham acesso a um ambiente simulado onde podem aplicar esses

conhecimentos de maneira repetida e sem os custos e riscos associados ao treinamento em ambientes reais (Woodward, 2021).

Em um cenário de formação tradicional, os alunos dependeriam da ocorrência de incêndios reais ou da criação de situações controladas extremamente dispendiosas para realizar seus treinamentos. Com a introdução da RV e da RA, esses obstáculos podem ser superados, pois as tecnologias imersivas permitem a recriação virtual de ambientes incendiados possibilitando que os alunos pratiquem sem os riscos e limitações logísticas do mundo real.

Além disso, essas tecnologias trazem uma importante contribuição interdisciplinar ao processo educacional. Conforme observado por Tori, Hounsell e Kirner (2018), a RV e a RA combinam elementos de diversas áreas do conhecimento. Essa interdisciplinaridade amplia as possibilidades pedagógicas, criando um ambiente de aprendizagem multifacetado, onde os alunos podem desenvolver uma gama diversificada de competências, desde habilidades técnicas até capacidades analíticas, que são fundamentais para uma investigação eficiente e precisa dos incêndios.

No entanto, a introdução dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, tanto no que diz respeito à infraestrutura tecnológica quanto à formação dos instrutores que irão operar e integrar essas ferramentas ao processo pedagógico.

No CBMES, ainda prevalece uma cultura educacional baseada em métodos tradicionais de ensino, o que pode criar resistências à adoção de novas abordagens pedagógicas. A implementação de RV e RA requer, portanto, não apenas uma adaptação tecnológica, mas também uma mudança cultural dentro da instituição.

Essa transformação envolve a ruptura com o conceito de "custo" para uma visão mais estratégica, onde o uso dessas tecnologias é visto como um investimento no futuro da formação profissional dos bombeiros. A capacitação dos instrutores também se mostra essencial para garantir que essas ferramentas sejam utilizadas de maneira eficiente e integrada ao currículo.

Dessa forma, as tecnologias imersivas representam uma oportunidade promissora para transformar o processo de ensino-aprendizagem na formação de investigadores de incêndio, oferecendo uma abordagem pedagógica que combina interatividade, segurança e eficiência. No entanto, para que essa transformação seja bem-sucedida, é necessário enfrentar os desafios de adaptação tecnológica, formação de instrutores e mudança cultural da instituição formadora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa podem ser sintetizados da seguinte forma, que a principal possibilidade de aplicação de RV e RA é através de incursões virtuais (simulações) em incêndios e explosões através da captura de imagens em 360° de sinistros reais. Que a aplicação de RV no ensino de investigadores de incêndio aumenta o engajamento e retenção de conhecimento. E que esse tipo de inovação representa uma oportunidade de aumento da eficácia na formação de investigadores de incêndio.

No entanto, para se construir esse tipo de simulação, é necessário um método de captura de imagens em 360° que Porto e Muniz (2024) buscando registrar desde a entrada até a zona de origem do incêndio ou explosão.

Esse tipo de produto educacional foi testado com uma turma de bombeiros militares e teve resultados positivos corroborando com o que diz Bail *et al* (2022), Mattos (2022), NFPA (2023), Pozharkova *et al* (2020), Ravichandran e Mahapatra (2023), Scorgie *et al* (2023) Woodward (2021), no quesito engajamento e permanência dos conhecimentos apreendidos na estrutura cognitiva dos aprendizes.

Além disso, as simulações realizadas por meio de imagens em 360° de edificações incendiadas permitiram que os alunos experimentassem diferentes etapas do processo de investigação de maneira prática e imersiva.

A capacidade de revisar suas ações e decisões, e de testar diferentes abordagens investigativas em um ambiente sem os riscos reais, foi crucial para o desenvolvimento das habilidades necessárias para a prática de investigação de incêndios. Isso proporcionou aos alunos uma oportunidade de aprendizagem rica, onde eles puderam aplicar os conceitos teóricos de maneira concreta, observar os resultados de suas ações e ajustar suas estratégias conforme necessário.

A aplicação da simulação em RV no treinamento de investigadores de incêndio no CBMES confirmam as potencialidades dessas ferramentas para aumentar significativamente o engajamento dos alunos e melhorar sua compreensão dos conteúdos teóricos e práticos. Durante a execução das simulações virtuais, os aprendizes foram imersos em cenários de incêndio altamente realistas, onde puderam aplicar seus conhecimentos de maneira prática, interagindo com o ambiente simulado de forma segura e controlada. Essa experiência imersiva proporcionou um aumento considerável na motivação dos alunos, que relataram maior envolvimento e participação nas atividades segundo relato dos próprios participantes.

Esse tipo de prática foi importante ao permitir que os alunos fizessem conexões diretas entre o que já sabiam e o que estavam experimentando na simulação. As tecnologias imersivas ajudaram a consolidar o conhecimento e a promover uma compreensão ainda mais profunda dos conteúdos. De fato, os aprendizes que participaram das simulações relataram uma retenção maior das informações e uma maior facilidade para entender e interpretar as marcas deixadas pelos incêndios nas edificações sinistradas, em comparação com os métodos tradicionais.

Entretanto, a implementação dessas tecnologias também trouxe à tona uma série de desafios que precisam ser enfrentados para que a utilização da RV e da RA seja integrada de forma eficiente e sustentável no currículo do CBMES. Um dos maiores desafios identificados foi a falta de equipamentos adequados e a necessidade de capacitação dos instrutores. Embora as tecnologias imersivas ofereçam benefícios evidentes para a formação de investigadores de incêndio, sua adoção requer um investimento inicial (mesmo que baixo) em infraestrutura tecnológica, como a aquisição de óculos de RV e câmeras de captura em 360°. Além disso, muitos dos instrutores do CBMES não possuem o treinamento necessário para utilizar essas ferramentas de maneira eficaz, o que pode limitar o potencial das tecnologias se não houver uma formação adequada.

Outro desafio significativo é a resistência cultural à adoção dessas novas metodologias de ensino. A tradição da formação com fogo real, que está profundamente enraizada no CBMES, muitas vezes vê com desconfiança a introdução de tecnologias digitais no processo de ensino. Para que a RV e a RA sejam implementadas com sucesso, é necessária uma mudança de mentalidade dentro da própria instituição, onde essas tecnologias sejam vistas não como substitutos das práticas tradicionais, mas como ferramentas complementares que podem enriquecer o processo de aprendizagem e torná-lo mais eficaz e seguro.

Os resultados obtidos também indicaram que, apesar dos desafios, os benefícios a longo prazo da adoção de RV e RA na formação de investigadores de incêndio superam os custos iniciais. A capacidade de criar simulações realistas de cenários de incêndio, sem os custos logísticos e financeiros de realizar incêndios controlados em edificações reais, representa uma economia significativa a longo prazo. Além disso, a melhoria no engajamento e na compreensão dos alunos pode resultar em profissionais mais bem preparados para lidar com situações reais de incêndio, o que, por sua vez, contribui para a segurança pública e para a eficiência operacional do CBMES.

Por fim, a pesquisa concluiu que a integração de RV e RA no currículo do CBMES tem o potencial de transformar a formação de investigadores de incêndio, criando um ambiente de aprendizagem mais interativo, seguro e eficiente. No entanto, para que essa transformação seja bem-sucedida, é necessário que a instituição invista na aquisição de equipamentos adequados, na capacitação de seus instrutores e na criação de uma cultura organizacional que valorize a inovação e a adaptação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o norte do objetivo geral, este trabalho analisou a aplicação da RV/RA na formação de investigadores de incêndio e explosões do CBMES. Neste quesito pode-se perceber que tem evidência forte que a utilização desse tipo de tecnologia aumenta o engajamento e compreensão dos conteúdos nesse perfil de aprendizes.

Foi identificado que as principais aplicações da RV/RA neste tipo de treinamento envolve a construção de incursões virtuais, popularmente chamados de passeios ou *tour* virtuais. E que essas incursões se dão a partir da captura de imagens em 360° dos ambientes incendiados.

Que, sim, em comparação com uma vivência realizada no próprio CBMES utilizando uma prática de ensino envolvendo RV, esse tipo de tecnologia aumenta o engajamento dos aprendizes bem como seu conhecimento do conteúdo teórico envolvido na prática.

E por fim, para que a utilização de RV/RA seja uma metodologia de ensino de rotina no CBMES, desafios como o acesso a equipamentos e recursos adequados com a ruptura com o conceito de “custo” para “investimento”, a formação de instrutores em novas tecnologias de ensino e a mudança de cultura institucional no quesito formação profissional ainda são barreiras a serem superados para uma implementação efetiva.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.** Lisboa: Plátano, 2003.

FRANÇA BAIL, Rosângela; ORLEI MICHALOSKI, Ariel; AUGUSTO BORTOLASSI DE OLIVEIRA, Renan; JOSE SLOMP AGUIAR, Eduardo. Usability of Immersive

Technology for Education and Training of Firefighters in Brazil. **International Journal for Innovation Education and Research**, Dhaka, Bangladesh, v. 10, n. 9, p. 365–380, 2022. DOI: 10.31686/ijer.vol10.iss9.3921.

MATTOS, P. S. A. B. **O Uso De Tecnologia Da Realidade Virtual Na Formação, Qualificação E Treinamento De Bombeiros E Brigadistas**. Dissertação de Mestrado – UFF – Programa de Pós-Graduação em Defesa e Segurança Civil. Niterói, 2022.

MAYNE R, GREEN H. Virtual reality for teaching and learning in crime scene investigation. **Sci Justice**. 2020, Sep;60(5):466-472. 2020. DOI: 10.1016/j.scijus.2020.07.006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788521637707.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Firefigther Immersive Learning Environment (FILE): Literature Review. Jan. 2023, Illinois, 2023.

PORTO, A. MUNIZ P. R. Registro Fotográfico Em 360° E Investigação De Incêndio: Contribuições E Possibilidades. **Revista Flammae - Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**. Vol.10 Nº29 – Janeiro a Junho de 2024 - ISSN 2359-4829. <https://doi.org/10.56081/2359-4837/flammae.v10n29.a4>

POZHARKOVA, I., LAGUNOV, A., SLEPOV, A., GAPONENKO, M., TROYAK, E., BOGDANOV, A. Virtual Reality Technology Application to Increase Efficiency of Fire Investigators' Training. In: Silhavy, R. (eds) Applied Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems. CSOC 2020. **Advances in Intelligent Systems and Computing**, vol 1226. 2020. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51974-2_28

RAVICHANDRAN, R. R., & MAHAPATRA, J. Virtual Reality in Vocational Education and Training: Challenges and Possibilities. **Journal of Digital Learning and Education**, 3(1), 25-31. 2023. <https://doi.org/10.52562/jdle.v3i1.602>

SCORGIE, D.; FENG, Z.; PAES, D.; PARISI, F.; YIU, T. W.; LOVREGLIO, R. Virtual reality for safety training: A systematic literature review and meta-analysis. **Safety Science**, v. 171, 2024, 106372. ISSN 0925-7535. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106>.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S. e KIRNER, C. Realidade Virtual *in*: TORI, R.; HOUNSELL, M S (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2018. 496p.



WOODWARD, B.F. Cost-Effective and Eco-Friendly Fire Investigation Training Using Photorealistic Interactive Room Scale Virtual Reality. In: Jung, T., Dalton, J. (eds) XR Case Studies. **Management for Professionals**. Springer, Cham, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72781-9_18