



O ENSINO SUSTENTÁVEL E DE BAIXO CUSTO DE INVESTIGADORES DE INCÊNDIO: INOVAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6037

Autores: ANDRÉ PORTO, MATHEUS HENRIQUE MEDEIROS, PABLO RODRIGUES MUNIZ

Resumo: A incorporação de tecnologias educacionais na educação de adultos na área da engenharia é tema atual e relevante de pesquisa. Nesse contexto, este estudo abordou a aplicação de tecnologias imersivas no Curso de Especialização em Perícias de Incêndio e Explosão (CEPIE), promovido pelo Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo. O curso, realizado em formato híbrido, contou com a participação de profissionais de diversas áreas de formação. A proposta pedagógica incluiu simulações virtuais de cenários de incêndio, com o objetivo de complementar e, em certa medida, substituir simulações físicas que demandam alto custo logístico e riscos significativos. A pesquisa comparou o ensino tradicional com o uso das tecnologias imersivas, analisando a percepção dos participantes. Os resultados obtidos por meio de pesquisa de opinião, indicaram que as simulações aumentaram o engajamento e a assimilação dos conteúdos, corroborando com a literatura sobre aprendizagem significativa.

Palavras-chave: formação de investigadores de incêndio, educação de pós-graduação; padrões de incêndio; imagens 360°; formação de investigadores de incêndio, educação de pós-graduação; padrões de incêndio; imagens 360°; formação de investigadores de incêndio; educação de pós-graduação; padrões de queima; imagens em 360°

O ENSINO SUSTENTÁVEL E DE BAIXO CUSTO DE INVESTIGADORES DE INCÊNDIO: INOVAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS

1 INTRODUÇÃO

A educação de adultos em engenharia tem evoluído ao longo do tempo. Novas tecnologias têm sido agregadas ao ensino destes novos profissionais, dentre elas estão as imagens em 360º graus e incursões virtuais de todo gênero que criam um ambiente imersivo na discussão dos temas em engenharia.

As metodologias ativas têm por definição a “[...] ênfase ao papel protagonista do aluno, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor” (Babich e Moran, 2018, p. 4). Elas são estratégias centradas na participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Elas costumam se expressar em modelos híbridos de ensino com inúmeras formas de existir o que vem trazendo novas soluções de ensino para os estudantes de hoje.

Dentro deste campo, recortamos a formação de peritos, e no caso deste trabalho, a formação de peritos de incêndio e explosões. Atividade que de rotina, ocorre em estruturas ou bens colapsados/destruídos. Nesse quesito, vamos abordar a primeira turma do Curso de Pós-Graduação intitulado Curso de Especialização em Perícias de Incêndio e Explosão (CEPIE) promovido pelo Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo em que participaram oficiais militares e peritos criminais de vários Estados realizado no formato híbrido, tendo sua parte prática realizada em sua capital Vitória, Salvador e Cuiabá.

Os sujeitos da pesquisa possuíam graduação nas mais diversas áreas incluindo alguns já com pós-graduação *stricto-sensu*. Participaram oficiais em início de carreira, comandantes de batalhões, chefes de pesquisa, integrantes da marinha (capitão dos portos), peritos criminais das mais variadas especialidades da engenharia e ciências naturais.

Este curso propôs que existissem atividades práticas para reconhecimento de padrões de queima e patologias oriundas do incêndio. Essas atividades de risco demandam um aparato logístico e de segurança grande para realizar atividades teóricas e práticas. Nesse sentido, o ensino apenas com imagens em duas dimensões pode não ser suficiente para subsidiar a prática desses alunos. Por isso foi introduzido como meio de ensino, incursões virtuais em que os estudantes deveriam reconhecer padrões de queima e ver os resultados de um incêndio em um ambiente completamente registrado.

Tradicionalmente esses peritos passariam por um incêndio simulado em um container ou edificação própria, ou até um incêndio real que porventura ocorresse durante o curso. A presença física em edificações incendiadas seria uma abordagem didática de excelência, considerando que o aprendiz estaria lado a lado com profissionais experientes aprendendo e exercendo a profissão. Entretanto, questões logísticas, ambientais e financeiras dificultam ou impedem esse expediente na oferta de cada turma. De forma inovadora, foram propostas simulações que, apesar de não reproduzirem totalmente um ambiente real (odores, calor, fumaça, interação com pessoas, etc.), têm registrado quase que fielmente um cenário em que o perito deverá atuar. Em outro aspecto, a adoção desse novo tipo de método de ensino também é mais sustentável que realizar várias queimas (para além dos incêndios que já ocorrem diariamente) para o ensino dos alunos.

Por isso o estudo não só propôs uma nova tecnologia de ensino, como também aplicou e buscou um *feedback* daquilo que foi realizado com os alunos. A pesquisa se

justifica no sentido de comparar o ensino tradicional com o novo, como também comparar com a literatura internacional sobre o tema.

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é comparar o ensino tradicional de peritos envolvendo imagens em duas dimensões com a inclusão de uma simulação virtual com imagens em 360° no conhecimento e estudo de padrões deixados por um incêndio ou explosão.

Para tanto, elencamos 3 objetivos específicos: (a) levantar bibliografia especializada sobre educação em engenharia e de peritos de incêndio; (b) relacionar os principais padrões de queima a serem reconhecidos pelo perito em um cenário de incêndio; e (c) comparar o ensino tradicionalmente realizado para formação de peritos com a nova proposta sob a perspectiva da aprendizagem significativa.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa). É de natureza aplicada, uma vez que se debruça na proposição de uma solução inovadora para um problema real e imediato da sociedade em relação a capacitação prática em perícia de incêndio. Ela se dividiu em três fases: (1) Pesquisa bibliográfica da literatura especializada; (2) comparação entre o ensino tradicional com a simulação em 360°; (3) Análise dos resultados obtidos da pesquisa de opinião sobre a experiência com a simulação.

3 ENSINO DE PERITOS

O ensino de peritos de incêndio (investigadores de incêndio) tem como necessidade prévia a compreensão do fenômeno do fogo e suas causas; conhecimentos teórico-práticos sobre combate a incêndio e sobre ciências do fogo; e conhecimentos sobre a metodologia de investigação de incêndios Braga e Landim (2008, p.333). Mas qual o melhor método para que os futuros peritos possam atuar em cenários reais? Tradicionalmente, os principais padrões de queima a serem reconhecidos se concentram na norma técnica NFPA 921. Existem inúmeros manuais e livros sobre o tema, no entanto a norma estadunidense concentra e organiza aquilo que é mais importante para um futuro perito.

Importante ressaltar que para fazer uma observação sobre impactos pedagógicos, necessitamos de uma teoria de aprendizagem como fundamento. Nesse sentido, utilizamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), que segundo Moreira (2022, p.148) é um processo de ensino-aprendizagem em que um novo conhecimento é adquirido se relacionando-o com algum já contido na estrutura cognitiva do aprendiz em que existe a interação entre o conhecimento antigo e o novo. “A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz” Moreira (2022, p.148).

Essa linha teórica é compatível com o estudo porque os sujeitos participantes da pesquisa são adultos que devem possuir certos conhecimentos prévios para realizar a simulação e que o aprendizado aconteça de forma significativa.

Para Ausubel (1978) *apud* Moreira (2022, p.230) “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio diria o seguinte: de todos os fatores que influem na aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe. Averigue-se isso e ensine-se levando-o em consideração”. Segundo a teoria de Ausubel, para uma aprendizagem significativa ocorrer é necessário a produção de materiais didáticos potencialmente significativos.

Partindo desta fundamentação, após as simulações que ocorreram com imagens em 360° de incêndios em edificações ocorridas no Espírito Santo e capturadas com a câmera GoProMAX, foi possível perceber que o contexto trazido com o cenário completamente

registrado de forma panorâmica possibilitou uma melhor visualização das marcas deixadas pelo incêndio pelos estudantes em detrimento das imagens em duas dimensões.

Neste aspecto, Wells *et al* (2007), Tung *et al* (2015), Spielmann e Mantonakis (2018), Maícas e Viñals (2017), Faustino (2021) levantaram várias possibilidades de aplicação e replicação de incursões virtuais que podem ser realizadas em múltiplas plataformas como óculos RV, smartphone, *tablet* e computador, o que reforça a potencialidade das imagens em 360°.

Por fim, a literatura já vem concluindo há tempos que a educação tem tido sua evolução e vem integrando metodologias ativas, imagens em 360° e realidade virtual. A formação de investigadores de incêndio é campo de interesse de muitos estudiosos, existem estudos que indicam resultados que corroboram com esta pesquisa no quesito apreensão de conhecimento e engajamento nas aulas utilizando RV (Scorgie *et al* (2023); Pozharkova *et al* (2020); Woodward (2021); NFPA (2023); Bail *et al* (2022); Mattos (2022); Ravichandran e Mahapatra (2023).

4 PADRÕES DE QUEIMA

Como já foi dito, é importante que o aprendiz possua conhecimentos anteriores às aulas práticas de investigação em edificações. Esses conhecimentos se reverterem nas marcas que um incêndio ou explosão deixam em um evento. Isto é, como os vestígios que costumam se apresentar em um sinistro com fogo. Esta seção do trabalho pretende demonstrar para o leitor de forma não exaustiva o que é mais importante reconhecer em um cenário de incêndio em edificação.

Segundo a NFPA 921 (2024, Seção 6.2) “Os efeitos do fogo são as mudanças observáveis ou mensuráveis em um material ou sistema como resultado do fogo”. Isto é, são as marcas deixadas pelos incêndios (Nolasco *et al*, 2021, p.115). Essas marcas são determinadas a partir de padrões em que há “[...] uma combinação de um (s) efeito (s) de fogo e características associadas que produzem uma forma mensurável e repetível” (NFPA 921, 2024, seção 6.3). Tradicionalmente, o ensino dessas marcas ocorre apenas durante um curso teórico com figuras e imagens em duas dimensões. As simulações vêm acrescentar não só uma noção prática de investigação como também complementar a apresentação das marcas de incêndio dentro de um contexto, de uma história, e de um ambiente completamente registrado (fotografia em 360°), o que além de aumentar o engajamento dos estudantes, traz uma composição melhor de um incêndio em que mais de uma marca pode se apresentar, inclusive sobrepostas umas às outras.

Em termos gerais, as principais marcas deixadas por um incêndio são trabalhadas no capítulo 6 da NFPA 921 (2024). Como esta é a principal norma citada no Brasil e demais países das Américas, ela acaba por ser uma indicação completa do que se deve identificar nas simulações aplicadas com investigadores. Para os instrutores e peritos em formação, cabe uma leitura aprofundada da norma bem como complementação com outras fontes técnicas como manuais e livros, principalmente manuais do CBMDF, CBMGO, Nolasco (2021). Quanto às marcas, podemos de modo geral separá-las em três categorias: efeitos do fogo, comportamento da fumaça e padrões de queima. O objetivo principal de se conhecer esses padrões é conseguir distinguir a zona de origem, foco principal, inicial e a marcha das chamas em um incêndio.

Portanto, como efeitos principais do fogo e comportamento da fumaça podemos destacar são a deformação, deposição, descoloração e perda de massa. Segundo a NFPA 921 (2024, seção 6.1.2.2.1) a deformação pode ser definida como uma mudança no formato do item incendiado representado por uma curvatura, empenamento ou distorção de seu tamanho original. A deposição (NFPA 921, 2024, seção 6.1.2.2.2) ocorre quando a fuligem

e fumaça deixam seus produtos quando em contato com superfícies mais frias alterando sua superfície. Esse sinal é importante para indicar a origem do incêndio e reconstrução do cenário. Descoloração (NFPA 921, 2024, seção 6.1.2.2.3) é a perda da cor original dos materiais quando sofrem com a ação do fogo da superfície afetada. Perda de massa (NFPA 921, 2024, seção 6.1.2.2.4) ocorre quando o incêndio causa mudança de estado físico-químico do material resultando em uma alteração visível de seu formato.

Buscando entender alguns desses fatores, o investigador consegue indicar características do incêndio, bem como (NFPA 921, seção 6.1.2.6): “ (1) Propriedades do material ou sistema afetado; (2) Magnitude do efeito; (3) Gradiente de efeito; (4) Forma; (5) Tamanho; (6) Localização/geometria; (7) Orientação; (8) Contexto circunstancial; (9) Tempo ou sequência de eventos relacionados a efeitos em um sistema. ” Os vestígios que são observáveis após um incêndio “[...] geralmente estão relacionados aos danos resultantes do fluxo de calor cumulativo recebido por um material exposto” (NFPA 921, 2024, seção 6.2.1.2). O desenvolvimento do evento de fogo e suas variáveis interferem no resultado do que o investigador de incêndio irá observar, essas fontes de transferência de calor

O incêndio em desenvolvimento e as variáveis que influenciam o cenário de incêndio controlam a transferência de calor em um compartimento, incluindo a localização, a intensidade e a duração da transferência de calor. A exposição dos materiais à combustão também deixa marcas a serem observadas pelo investigador de incêndio que envolvem o impacto inercial, sedimentação e o gradiente de temperatura.

Enfim, isso estará demonstrado através de alguns padrões que podem ser identificados nas mais variadas superfícies. Neste trabalho serão citadas apenas aquelas ditas mais comuns e que poderão ser encontradas nos cenários de incêndio. Um deles é o que a NFPA 921 (2024, seção 6.3.3.1) chama de sombreamento por calor que nada mais é que uma marca deixada por um objeto que impede que o calor chegue a algum lugar, por exemplo um móvel, formando o que chamamos de área protegida.

Figura 1 – Sombra de calor e áreas protegidas.



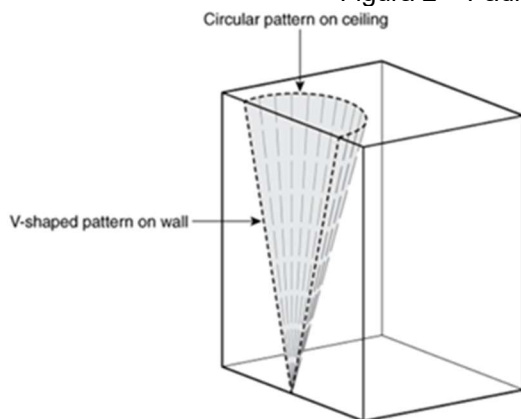
Fonte: NFPA (2024), Figure 6.3.3.1(a) e (b).

A imagem mais à esquerda da figura 1 demonstra que provavelmente havia um equipamento ou móvel que acabou impedindo o depósito de fuligem, fumaça ou outro material no chão da edificação (esquerda) e na imagem mais à direita a marca deixada após a destruição de um sofá. Isso ajuda o investigador a localizar objetos em um cenário quando comparado a versão original antes do incêndio, apurar o grau de destruição sem esquecer de indicar focos e zonas de origem de incêndio.

Dentre as variáveis, as mais comumente encontradas são os padrões em V, U, Cone invertido, padrões truncados e irregulares (podem ocorrer a depender dos materiais

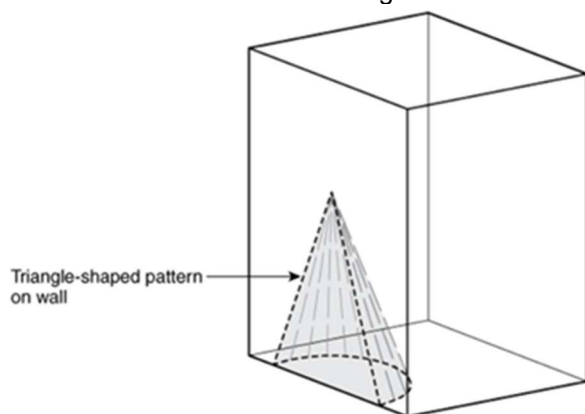
combustíveis. Não vamos adentrar em detalhes sobre a formação desses padrões que estão descritos minuciosamente nos manuais e estudos científicos, aqui vamos compará-los a um contexto de simulação. Portanto segue a sequência de ilustrações.

Figura 2 – Padrão em V idealizada e real.



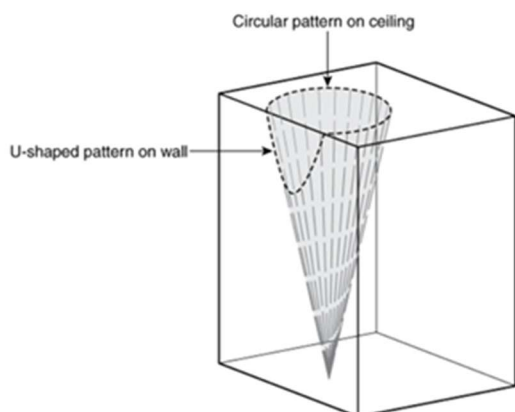
Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.1.1(a) e (c).

Figura 3 – Padrão triangular idealizado e real.



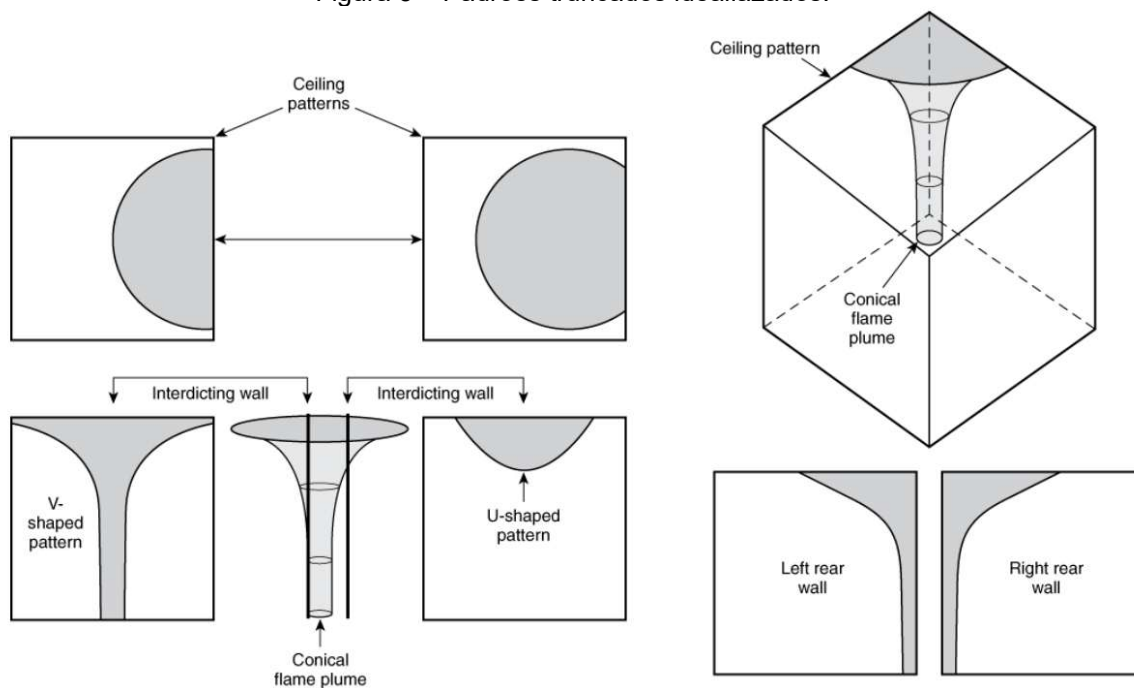
Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.2.1(a) e (b).

Figura 4 – Padrão em U idealizado e real.



Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.4(a) e (b).

Figura 5 – Padrões truncados idealizados.



Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.6 (a).

Figura 6 – Padrão truncado em ambiente real.



Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.6(b).

Figura 7 – Padrões irregulares.

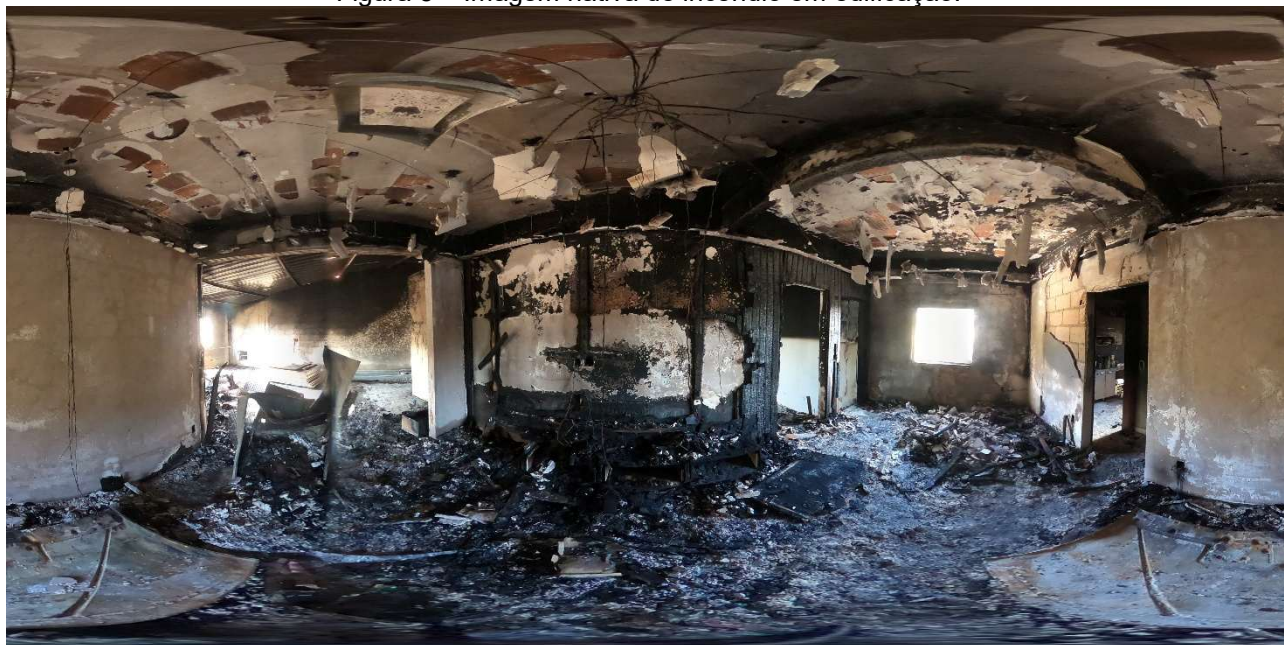


Fonte: NFPA (2024), Figure 6.5.7(a).

Na figura 2 podemos perceber o comparativo entre o desenho ideal e como realmente ele se apresentou em um incêndio real em uma panela sobre um fogão. Na figura 3 podemos ver que a imagem idealizada possui semelhança com o que foi apresentado na realidade de uma pequena pilha de jornais, no entanto, ficou fora de um contexto geral. Na figura 4 vemos a idealização de um Padrão em U e como ele se apresentou em uma parede de gesso. A figura 6 demonstra claramente que uma imagem em duas dimensões não auxilia no entendimento do padrão de queima (figura 5) ou mesmo visualização do mesmo em um cenário mais complexo. Por fim a figura 7 são padrões irregulares de queima que variam de acordo com os tipos de combustíveis, substratos e demais características dos materiais envolvidos na reação de combustão ou explosão. De modo geral essas são os tipos de imagens apresentadas aos estudantes. Elas não chegam a ser ruins, no entanto as imagens em 360° utilizadas através de óculos RV ou mesmo projetadas em uma tela tem uma contextualização maior e melhor de como essas marcas podem se apresentar em um incêndio real. Interessante levar em consideração que existem critérios de escolha das imagens que deve levar em consideração os objetivos da instrução bem como o aprofundamento. Isto é, a seleção de um cenário muito complexo pode desmotivar o processo de ensino-aprendizagem impondo um desafio muito grande. A dificuldade deve ser incluída de forma gradativa para solidificar os conhecimentos inerentes à atividade de investigação de incêndio.

Nesse sentido, segue a figura 8 que contém uma imagem em 360° em formato nativo. Com as figuras em 360° os estudantes conseguem não só ver marcas e incêndio como também se inserir no contexto do cenário, caminhando por ele e podendo analisar da forma que desejar sem esquecer que no software utilizado para a incursão, também era possível adicionar informações escritas, links e imagens aproximadas dos pontos de interesse.

Figura 8 – Imagem nativa de incêndio em edificação.



Fonte: Acervo do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo (2024)

Assim, as imagens em 360° não tem o objetivo de eliminar o uso de imagens em duas dimensões, mas sim de complementar a atividade de ensino e propor uma inovação que aumente o engajamento e retenção de conhecimentos dos alunos. Isto é, trazer uma aprendizagem significativa e duradoura que pode auxiliar os profissionais quando se depararem com as mais variadas marcas de incêndio em seu trabalho investigativo.

5 PESQUISA DE OPINIÃO

Após a realização do curso foi feita pesquisa de opinião com os egressos através de questionário composto por 28 questões envolvendo desde dados demográficos para categorização dos sujeitos da pesquisa bem como quesitos de avaliação da simulação como aderência, impacto, aplicabilidade, inovação, complexidade, atração, envolvimento, compreensão e mudança de ação (CAPES, 2019; UNICEF, 2003) bem como avaliamos a simulação através de três eixos: conceitual, comunicacional e pedagógico (Kaplún, 2003; Leite, 2018).

A coleta de dados ocorreu em 3 momentos, sendo o primeiro em Vitória/ES e os demais em Salvador/BA e Cuiabá/MS. O curso teórico ocorreu durante o segundo semestre do ano de 2024, no entanto as aulas práticas foram distribuídas por questões de logísticas. A utilização das simulações ocorreu principalmente na disciplina de Documentação que buscou introduzir os alunos na melhor forma de se documentar tecnicamente um cenário de incêndio ou explosão.

A Tabela 1 comprova que da perspectiva dos alunos, a experiência foi positiva. Mas avançando a análise, foram preparadas no mínimo quatro simulações a serem discutidas com os alunos, sendo a primeira guiada pelos instrutores. Antes de começar, foi realizada uma revisão sobre os padrões de queima e daquilo que era mais importante sobre a metodologia de investigação de incêndio. Ato contínuo, a atividade prática consistia em separar os estudantes em grupos e esses grupos escolheriam um de três incêndios, preencheriam um laudo de forma simulada e apresentaria a turma discutindo seus resultados.

A disciplina foi dividida em 3 turmas (Vitória, Cuiabá, Salvador). Em Vitória foi realizada observação direta por parte destes pesquisadores da aplicação da simulação com os estudantes. E nas outras cidades a atividade foi aplicada por outros instrutores.

Seguindo, era esperado certa resistência por parte dos estudantes, por se tratar de uma turma de adultos em sua maioria com uma carreira já consolidada. No entanto, entenderam como interessante o formato da prática e se engajaram na atividade. Cremos que o principal fator para além da incursão poder ser realizada de forma virtual, foi a possibilidade de utilizar as imagens em 360° em outras plataformas, como computador, tablete e smartphone. Isso fica destacado na figura 9.

Figura 9 – Alunos utilizando vários meios para realizar a incursão virtual.



Fonte: Os autores.

Dito isso, após a análise minuciosa do cenário, discussão entre si, e construção do laudo de acordo com o modelo distribuído pelos instrutores. Os alunos novamente levaram

o trabalho a um nível de aprofundamento e detalhamento interessante, pois para além de preencherem corretamente todos os quesitos de acordo com o que encontraram no cenário, conseguiram perceber as marcas de incêndio, a dinâmica da fumaça e do fogo, conseguiram definir a zona de origem bem como o foco inicial e principal.

A discussão dos resultados foi o ponto alto da atividade porque ali os estudantes demonstraram que solidificaram seus conhecimentos após a realização da incursão e preenchimento do laudo. Demonstraram um grande engajamento na atividade que aparentemente seria “enfadonha” por se tratar de uma disciplina de documentação. E aparentemente apresentaram uma retenção razoável do conhecimento a partir da revisão realizada no início da prática. Portanto podemos afirmar que em curto prazo a aprendizagem foi significativa. A longo prazo acreditamos que os conhecimentos perdurarão com a realização de investigações, no entanto não há como confirmar ainda pelo curso ter se encerrado em 2025.

Dos que participaram da parte prática (aproximadamente 90 alunos), 54 responderam voluntariamente o questionário. Neste trabalho vamos relatar a avaliação geral da experiência com a simulação demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação Geral da simulação pelos alunos CEPIE.

Avaliação Geral	
N	54
Média	9,39
Desvio-padrão	0,96

Fonte: Os autores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pretendeu comparar a utilização de imagens simples com simulações utilizando imagens em 360°. Foi percebido que para além de uma metodologia de ensino inovadora, sua utilização trouxe maior engajamento dos estudantes e ao menos uma maior retenção de conhecimento em curto prazo.

Foi levantada bibliografia confirmando que o tema é relevante e de interesse internacional com resultados que reforçam a afirmação acima e corroboram com os resultados da pesquisa de opinião em que os alunos disseram de modo geral que a experiência com a simulação foi produtiva.

Foram destacados alguns padrões de queima e como eles são representados nos cursos, manuais e livros. Compararam-se com as imagens em 360° e o contexto que ela traz por inserir o aprendiz no contexto completo das marcas de incêndio sem esquecer que a depender do software escolhido, é possível escolher o grau de imersividade da experiência.

Os dados coletados demonstraram que a simulação teve impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem. Podemos concluir que novas tecnologias de ensino podem enfrentar barreiras para serem implementadas. No entanto, este trabalho demonstrou que é possível inovar muito com pequenas mudanças.

Assim, o processo formativo de um perito necessariamente passa pela prática e a utilização de imagens em 360° acrescenta o que falta nas imagens em duas dimensões: contexto. Assim, as simulações contribuíram no processo de ensino-aprendizagem de forma significativa bem como reduziu custos logístico, operacional, econômico, ambiental e de saúde quando diminui a exposição desses profissionais aos riscos físicos inerentes ao treinamento. Isso contribuiu para um ambiente seguro e engajador bem como aumentou a compreensão dos padrões e marcas deixadas por um incêndio.

7 REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BABICH, Lilian; MORAN, José. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. (Desafios da educação). Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788584291168. PGS
- BAIL, R. F. *et al.* 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](https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss9.3921). Acesso em 15 ago. 2024.
- BRAGA, G. C. B. e LANDIM, H. R. O. Investigação de Incêndio. In: **A segurança de incêndio no Brasil**, p. 333-364. Projeto Editora. São Paulo, 2008.
- CAPES. **Relatório de Grupo de Trabalho do GT de Produção Técnica**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/10062019-producao-tecnica-pdf>. Acesso em 12 nov. 2023.
- CBMDF, Diretoria de Investigação de Incêndio. **Manual de perícia em incêndios e explosões: conhecimentos gerais**. Diretoria de Investigação de Incêndio – Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2019. 310 p.: il. color. ISBN: 978-65-81664-00-8.
- CBMDF. **Manual de perícia em incêndios e explosões: conhecimentos específicos**. Diretoria de Investigação de Incêndio – Brasília: Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 2019. 310 p.: il. color. ISBN: 978-65-81664-01-5.
- CBMES. Acervo de Perícias de Incêndio e Explosão. Acesso em: 29 jan. 2025.
- CBMGO. Manual operacional de bombeiros : perícia de incêndio / Corpo de Bombeiros Militar. – Goiânia: - 2017. 276 p.: il.
- JAMOV. The jamovi project (2022). *jamovi*. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- KAPLÚN, G. Material Educativo: a experiência do aprendizado. Comunicação e Educação, São Paulo, v.27, p.46-60, maio/ago, 2003. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i27p46-60>. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/comeduc/article/view/37491>. Acesso em: 07 out. 2023.
- LEITE, P S C. Produtos Educacionais em Mestrados Profissionais na Área de Ensino: uma proposta de avaliação coletiva de materiais educativos. CIAIQ/2018 - Atas - Investigação Qualitativa em Educação, Volume 1, 2018.
- MAÍCAS, J. M.; VIÑALS, M. J. Design of a virtual tour for the enhancement of Llíria's architectural and urban heritage and its surroundings. **Virtual Archaeology Review**, Valencia, v. 8, n. 17, p. 42-48, 2017.
- 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.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788521637707.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations. NFPA, 2024.
- NOLASCO, M. R. S. Investigación Criminalística – De fuegos, incendios, explosiones y explosivos. Editora Flores: México. 2021.
- 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. Disponível em:

revistaflammae.com/files/ugd/08765e_0a077d46dd624dceb854a2ece155799f.pdf.

Acesso em: 18 abr. 2024.

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>

SPIELMANN, N.; MANTONAKIS, A. In virtuo: How user-driven interactivity in virtual tours leads to attitude. **Journal of Business Research**, v. 88, p. 255-264, 2018.

TUNG, N. D. et al. Spherical Photography and Virtual Tours for Crime Evidence in New Zealand Courtrooms. **Journal of Forensic Sciences**, v. 60, n. 3, p. 753-758, 2015.

UNICEF. Video Validación de Materiales. 2003. Disponível em: <https://www.unicef.org/peru/media/2436/file/Video%20Validaci%C3%B3n%20de%20Materiales.pdf>. Acesso em 12 nov. 2023.

V. 171, 2024.

WELLS S.; GROSS, B.; GROSS, M.; FRISCHER, B. lath. **Best Practices Guide To Digital Panoramic Photography**. University of Virginia, Virginia. 2007.

WHEELER SG, Engelbrecht H e Hoermann S. Human Factors Research in Immersive Virtual Reality Firefighter Training: A Systematic Review. *Front. Virtual Real.* 2:671664. 2021. doi: 10.3389/frvir.2021.671664. Disponível em:

<<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.671664/full>>. Acesso em: 26 de mai. de 2023.

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

SUSTAINABLE AND LOW-COST EDUCATION OF FIRE INVESTIGATORS: INNOVATION AND INTEGRATION OF NEW TECHNOLOGIES

Abstract: *The incorporation of educational technologies into adult education in the field of engineering is a current and relevant research topic. In this context, this study addressed the application of immersive technologies in the Specialization Course in Fire and Explosion Expertise (CEPIE), promoted by the Military Fire Department of Espírito Santo. The course, held in a hybrid format, has the participation of professionals from different areas of training. The pedagogical proposal included virtual simulations of fire scenarios, with the objective of complementing and, to some extent, replacing physical simulations that require high logistical costs and significant risks. The research compared traditional teaching with the use of immersive technologies, analyzing the participants' perception. The results obtained through opinion polls indicated that the simulations increased engagement and assimilation of the content, corroborating the literature on meaningful learning.*

Keywords: *fire investigator formation, postgraduate education; fire patterns; 360° images.*

