

Diseño y realidad virtual para situaciones de riesgo: simulación de entrenamiento en el uso de extintores para combatir incendios.

Christiane Delmondes Versuti ^(*), Vinicius Santos Andrade ^(**),
Rodolfo Nucci Porsani ^(***), Paula Poiet Sampedro ^(****),
Fabio Diogo Torres ^(*****) y Táfnes Diogo Torres ^(*****)

Resumen: En las últimas décadas, varias innovaciones tecnológicas en software y hardware han provocado cambios en la forma en que se llevan a cabo nuestras actividades diarias. Entre ellos destacan las diversas innovaciones en la integración de la información y la comunicación y las transformaciones provocadas en diversos sectores, como en el área de docencia y formación, entretenimiento, entre otros. Este artículo explora cómo el Diseño Participativo, la Experiencia de Usuario (UX) y la realidad virtual (VR) se pueden aplicar para desarrollar experiencias más realistas para el entrenamiento de extintores de incendios, destacando las capacidades tecnológicas de la enseñanza de VR en condiciones controladas y seguras para los estudiantes. El objetivo era construir una herramienta auxiliar para la enseñanza de la extinción de incendios a personas no profesionales. Teóricamente se abordaron temas de Diseño Participativo y UX, para orientar los parámetros de la construcción de este software, pensando en la enseñanza y su facilidad de uso. El principal resultado fue la creación de la primera versión de una aplicación que utiliza la realidad virtual como plataforma y simula el ambiente de una cocina. La aplicación se centra en una apariencia realista con diferentes fuegos, llamas de diferentes tamaños y comandos que implican el uso correcto del extintor para apagar las llamas.

Palabras clave: VR, Diseño participativo, Experiencia de usuario, Enseñanza de extinción de incendios, UX, Capacitación, Entorno Virtual, Creación de Software.

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 84 y 85]

(*) Doutora; Universidade de São Paulo; Bauru; Brasil - christianedversuti@hotmail.com.

(**) Doutor; Centro Universitário Sagrado Coração; Bauru; Brasil - vinicius.andrade@unesp.br.

(***) Doutor; Universidade Estadual Paulista; Bauru; Brasil - rodolfo.n.porsani@unesp.br.

(****) Doutora; Universidade Estadual de Maringá; Maringá (PR); Brasil

(*****) Estudante do terceiro de Ciência da Computação; Centro Universitário Sagrado Coração; Bauru; Brasil.

(*****) Estudante do terceiro de Ciência da Computação; Centro Universitário Sagrado Coração; Bauru; Brasil.

Introdução

Nos últimos anos, observou-se uma rápida evolução da tecnologia e dos meios de comunicação, resultando na disponibilidade crescente de novos dispositivos, como celulares, computadores e ferramentas tecnológicas mais avançadas, os quais se tornaram facilmente acessíveis à população em geral. Considerando a integração da tecnologia em nosso cotidiano, é pertinente considerar a utilização desses recursos como facilitadores no ambiente escolar para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, surge a necessidade de explorar novas abordagens de treinamento que possam aproveitar os avanços tecnológicos para promover um ensino mais eficaz e engajador.

O conceito de Realidade Virtual (RV) é amplamente discutido na literatura. Latta e Oberg (1994) a conceituam como uma interface que replica um ambiente real, possibilitando aos usuários visualizar e manipular representações complexas. Hancock (1995), por sua vez, a descreve como a forma mais avançada de interface disponível até o momento para interação com sistemas computacionais. Outros autores, como Burdea e Coiffert (2003), Jacobson (1993) e Krueger (1991), afirmam que a RV constitui uma técnica sofisticada de interface que capacita os usuários a navegar e interagir em ambientes tridimensionais (3D) gerados por computador, por meio de canais multissensoriais, proporcionando uma experiência imersiva. Essa tecnologia tem sido reconhecida como uma ferramenta promissora para transformar os métodos de ensino e aprendizagem, oferecendo novas possibilidades de engajamento e compreensão dos conteúdos.

Os sistemas de RV demandam o uso de aparelhos específicos, estes podem ser espaços de multiprojeção estereoscópica, também conhecidos como Cave Automatic Virtual Environment (CAVEs) ou Head-mounted display (HMD), que são caracterizado por monitores presos ao rosto do usuário que apresentam uma visão estereoscópica do ambiente digital e ocluem a visão do mundo exterior. O HMDs ganharam popularidade nos últimos anos, uma vez que a tecnologia se tornou mais acessível. Hoje existem modelos utilizados como periféricos de computadores (dependentes destes para funcionar) como o Oculus Rift (cuja fabricação foi descontinuada pela empresa Oculus VR), e modelos autônomos, conhecidos também como standalone. Em ambientes de RV é comum que o sistema forneça meios de interação, que podem ser por controles manuais, leitura corporal, entre outras. O desenvolvimento de novos produtos e barateamento desse tipo de tecnologia, tornaram a RV mais acessível e mais popular.

Burton, Brna e Treasure-Jones (1997) e Brna (1998) destacam os modelos de ambientes de Realidade Virtual (RV) como uma abordagem mais dinâmica em comparação aos modelos "tradicionais" para promover o aprendizado. Esta observação é corroborada por outros autores (Lockwood e Kruger, 2008; Arntz et al., 2021; Dobhal; Negi; Das, 2023), os quais identificaram avanços no desenvolvimento educacional por meio da utilização da RV. A aplicação da RV no contexto educacional tem sido associada a uma maior retenção de conhecimento e ao aumento do interesse dos alunos, o que ressalta seu potencial para melhorar a eficácia do ensino em diversas áreas. Diante dessa abordagem, aponta-se a possibilidade de explorar novas maneiras de treinamento e ensino para as pessoas, principalmente para situações adversas, como incêndios.

O termo "extintor de incêndio" refere-se a um dispositivo padronizado, geralmente móvel (podendo ser portátil ou sobre rodas), de operação manual. Ele é composto por um recipiente ou cilindro, juntamente com seus componentes, incluindo o agente extintor e, em alguns casos, seu gás propulsor (BRASIL, 2011). De acordo com Gomes (2010), os extintores são considerados equipamentos de proteção coletiva que desempenham sua função apenas quando manipulados adequadamente por indivíduos que os transportam para o local do incêndio e os direcionam de maneira apropriada para extinguir as chamas. No entanto, há especificidades como a verificação da classe de fogo e do extintor disponível, posicionamento e distância corretos para o uso do extintor, entre outras. O treinamento adequado para o uso desses dispositivos pode ser desafiador, especialmente para leigos.

Diante dessa situação, surge a necessidade de explorar novas abordagens de treinamento em uso de extintores de incêndio que possam superar esses desafios. Este estudo propõe o desenvolvimento de uma aplicação em RV voltada para o treinamento de utilização de extintores de incêndio por parte de leigos. Ao proporcionar ambientes virtuais imersivos e interativos, a RV apresenta o potencial de oferecer uma experiência de aprendizado mais envolvente e eficaz, o que pode resultar em uma melhor retenção de conhecimento e habilidades por parte dos usuários em relação ao uso adequado de extintores de incêndio. Essa abordagem visa não apenas aumentar a eficácia do treinamento, mas também torná-lo mais acessível e seguro para um público mais amplo.

A utilização de ambientes imersivos de RV pode proporcionar uma experiência de aprendizado mais eficaz, uma vez que apresenta simulações dentro de um espaço virtual que limita a visão do usuário à aplicação (diferente de um monitor ou televisor, por exemplo) e que utiliza de sensores para identificar movimentos do corpo do usuário para que esses façam parte da interação virtual. Ao mesmo tempo que a RV proporciona essas sensações ao usuário ela elimina os riscos de situações reais e permite a simulação de eventos impossíveis fisicamente (um passeio pelo núcleo da terra, por exemplo)

A incorporação da RV no treinamento de utilização de extintores de incêndio por leigos é justificada por diversos fatores que visam superar limitações inerentes aos métodos tradicionais de ensino e promover uma abordagem mais eficaz, segura e envolvente, que pode ser aplicada em diversos contextos, sem risco de incêndios ou queimaduras. A disseminação dessa ferramenta de treinamento pode aumentar a conscientização sobre segurança e prevenção contra incêndios. A justificativa para a adoção dessa abordagem se estende ainda na necessidade de proporcionar uma formação mais completa, prática e adaptada às demandas contemporâneas, contribuindo assim para a área de segurança, educação prática e preparação da sociedade para eventuais acidentes.

Diante da proposta de criar uma aplicação de RV de ensino e aprendizagem, com o foco em disseminar o treinamento e conscientizar sobre segurança contra incêndio, o presente trabalho objetiva: analisar a eficácia dos métodos tradicionais de treinamento com extintores e identificar suas limitações; estudar casos de aplicativos de RV desenvolvidos para treinamento com extintores, a avaliação da sua usabilidade, eficácia e aceitação pelos usuários; investigar as características e benefícios da RV em contextos educacionais e de treinamento; propor recomendações para a implementação de programas de treinamento com extintores baseados em Realidade Virtual, considerando diferentes contextos e públicos-alvo.

Fundamentación Teórica

O presente trabalho adentra e conecta três diferentes campos do conhecimento que são as áreas do Design para Experiência do Usuário (UX), o Treinamento para Situações de Risco (em especial combate à incêndios e Tecnologia de Realidade Virtual (VR). Dentro deste contexto são abordados os conceitos de Design Participativo e para UX, conceitos, definições e aplicações; Treinamento para Situações de Incêndio, conceitos, definições, características, classes de incêndio e formas de propagação do fogo, métodos de extinção de incêndio; e VR e seus conceitos, classificações, elementos principais, aplicações, manufatura, prototipação, simulação e treinamentos.

Design Participativo e para UX

O design de produtos requer considerar a maneira como cada produto será utilizado, quem o utilizará e em qual lugar (ROGERS, Y. et al. 2013 p.6). Dessa forma, os designers conseguem prever de maneira eficiente, como esse produto pode ser aprimorado e solucionar de antemão possíveis problemas que poderiam surgir durante seu uso. Segundo Rogers, Y. et al.(2013), deve ser considerada ainda quais as atividades que as pessoas estarão realizando durante o uso dos produtos que estão sendo projetados.

Moraes e Santa Rosa (2012) propõem que todo o processo de design deve considerar a participação do usuário e a ergonomia do produto e, para isso são realizados diversos testes junto aos usuários. Para além dos testes de alternativas, avaliação por métodos qualitativos, facilidade do uso e aceitação do produto (frequentemente utilizados no Design Centrado no Usuário - DCU). No Design Participativo, os usuários são entendidos como parte da equipe e fazem parte de todo o processo de criação. Dom Norman (2018) aponta que a Experiência do Usuário (UX) diz respeito a todo o uso do produto, e não apenas a sua visualidade. A UX abrange a facilidade de uso, agradabilidade, satisfação, entre outros aspectos. O objetivo não é apenas físico, mas também emocional, é considerar a vivência do usuário ao utilizar o produto, ao falar do produto e até mesmo ao pensar no produto (NORMAN, 2002). Segundo Norman (2018) a UX diz respeito a toda a experiência que envolve o produto ou sistema.

Norman (2018) sugere três níveis abordagens para o design: o Design Visceral, voltado às primeiras impressões e a aparência estética; Design Comportamental, direcionado à facilidade e conforto durante o uso do produto ou sistema; Design Reflexivo, relacionado ao envolvimento, a conexão emocional com aquele produto ou sistema.

Para criar produtos com foco nos níveis de relação com os usuários, é necessário levar em consideração como o produto será percebido e utilizado, compreender quem utilizará esse produto, os anseios, necessidades e prioridades desses usuários, para poder atendê-los. O design da interação com o produto é tão importante quanto a aparência deste produto, dessa maneira, priorizar para que a interação do usuário seja intuitiva é um ponto chave do desenvolvimento de produtos e sistemas (NORMAN, 2018).

Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é definida como uma simulação computacional interativa que monitora as ações e o estado do usuário, proporcionando a substituição ou melhoria dos sentidos do operador por meio de conteúdo digital, resultando em uma experiência imersiva na simulação (MIHELJ; NOVAK; BEGUŠ, 2014). Outras definições de RV (BURDEA; COIFFET, 1994; JACOBSON, 1991; KRUEGER, 1991), a conceituam como como uma interface que permite ao usuário imergir, explorar e interagir em um ambiente tridimensional sintético gerado por computador, utilizando múltiplos canais sensoriais.

A RV possibilita ao usuário a navegação e visualização em tempo real de um mundo tridimensional. Existem aparelhos e aplicações de RV com diferentes graus de liberdade, esses graus representam a capacidade do software em definir e do hardware em reconhecer a movimentação do usuário. Atualmente, aparelhos com seis graus de liberdade (6GDL) são acessíveis no mercado, e os movimento reconhecidos por esses aparelhos são: avanço/retrocesso, ascensão/descida, deslocamento lateral esquerdo/direito, inclinação para cima/para baixo, angulação para a esquerda/para a direita e rotação para a esquerda/para a direita (NETTO et al., 1998).

A principal vantagem dessa forma de interface reside na transferência do conhecimento intuitivo do usuário sobre o mundo físico para a manipulação do mundo virtual. O usuário adentra o espaço virtual das aplicações e realiza a visualização, manipulação e exploração dos dados em tempo real, utilizando seus sentidos, especialmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. Para viabilizar essa interação, se utiliza dispositivos não convencionais, como capacetes de visualização e controle, luvas e outros elementos similares, que proporcionam a sensação de operar em um ambiente tridimensional real e permitem a manipulação natural dos objetos por meio dos movimentos das mãos (KIRNER, 1996).

Para Tori, Kirner e Siscoutto (2006), a RV pode ser classificada em dois modelos distintos: imersivo e não imersivo. No paradigma imersivo, o usuário é amplamente integrado ao contexto da aplicação, empregando dispositivos que acompanham seus movimentos e interações, resultando em uma sensação de presença intensa dentro do ambiente virtual. Em contrapartida, no modelo não imersivo, o usuário é parcialmente inserido no mundo virtual, frequentemente por meio de dispositivos como monitores ou telas.

De acordo com Vince (2004), no planejamento de cenários de realidade virtual, é de suma importância considerar quatro componentes essenciais: o ambiente virtual, o ambiente computacional, a tecnologia de realidade virtual e os métodos de interação. O ambiente virtual compreende aspectos como a elaboração de modelos tridimensionais, a iluminação e a detecção de colisões, entre outros. Por outro lado, o ambiente computacional engloba toda a infraestrutura de hardware necessária para a construção do ambiente virtual, incluindo a configuração do processador e a utilização de bancos de dados. A tecnologia de realidade virtual refere-se ao hardware utilizado para a visualização e a interação com o ambiente virtual. Por fim, os métodos de interação estão associados à interatividade por meio de gestos, fala, interfaces e à participação de múltiplos usuários (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Aplicações da Realidade Virtual

De modo geral, a RV apresenta aplicações em cinco áreas distintas: entretenimento e lazer, comunicação à distância, simulação e treinamento, telepresença e visualização de dados (GRIMES, 1991). Entretanto, conforme observado por Netto et al. (1998), novas aplicações continuam emergindo em diversos campos do conhecimento de forma consideravelmente diversificada, impulsionadas tanto pela demanda quanto pela criatividade humana. Em muitas situações, a RV está promovendo mudanças significativas na interação entre o indivíduo e a tecnologia, especialmente em sistemas de elevada complexidade. Conforme destacado por Netto et al. (1998), exemplos de aplicações da Realidade Virtual abrangem diversas áreas, incluindo:

- a. Manufatura Virtual;
- b. Prototipagem Virtual;
- c. Simulação;
- d. Treinamento.

a. Manufatura Virtual

A manufatura virtual pode ser definida como a integração de modelos computacionais que representam de maneira abrangente e precisa a estrutura dos sistemas de produção, juntamente com a simulação de seus aspectos lógicos e físicos, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento e na fabricação de produtos. Em termos mais específicos, a manufatura virtual envolve a simulação computacional dos processos de fabricação, replicando as operações do mundo real, embora não seja necessária a utilização de métodos ou softwares de realidade virtual para atingir seus propósitos (IWATA et al., 1995).

Portanto, para Netto et al., (1998), a manufatura virtual permite a simulação de diferentes estratégias de produção, explorando diversas possibilidades em diferentes níveis de detalhes e objetivos, melhorando o design e o processo do produto ao minimizar os custos associados à avaliação e ao agilizar a tomada de decisões.

A adoção da RV na indústria manufatureira, conforme indicado pelas aplicações e perspectivas apresentadas, emerge como uma contribuição significativa para a realização da visão da fábrica do futuro. Nesse contexto, espera-se uma integração abrangente de todos os setores, fornecendo suporte ao processo decisório, que muitas vezes está sujeito a uma série de contingências imprevistas.

b. Prototipagem Virtual

Conforme descrito por Rix, Haas e Teixeira (1995), a aplicação da realidade virtual no campo do desenvolvimento de produtos, especialmente na fase de prototipação, representa um avanço notável. A prototipagem virtual é reconhecida como um estágio crítico na busca por produtos mais competitivos. A partir dos dados geométricos e topológicos do projeto, bem como dos resultados de simulações obtidos através de ferramentas de

modelagem e cálculos cinemáticos, materiais, tolerâncias e outras informações disponíveis sobre o produto, é viável criar um protótipo virtual no ambiente computacional. Tal protótipo possibilita apresentações realistas e facilita interações com o produto, mesmo nas fases iniciais de desenvolvimento.

As principais vantagens da prototipagem virtual nos processos industriais são (NETTO et al., 1998):

- **Redução de Tempo:** O tempo é um dos fatores mais críticos na indústria contemporânea. O "time-to-market" é um aspecto crucial do marketing, diferenciando os concorrentes.
- **Diminuição de Custos:** Os protótipos virtuais têm o potencial de reduzir a necessidade de produção de um grande número de protótipos físicos. Isso resulta em uma redução no tempo de desenvolvimento e na mão de obra necessária para o projeto. Além disso, há uma diminuição na quantidade de ferramentas e materiais utilizados para a fabricação do protótipo físico. Os resultados do protótipo virtual são obtidos de forma mais rápida, permitindo um feedback ao projeto antes que os custos de produção sejam fixados.
- **Melhoria da Qualidade:** A exploração de diferentes alternativas para um projeto pode ser realizada de forma mais ágil, permitindo uma melhor validação das soluções adequadas que atendam aos parâmetros especificados pelo cliente, com custos reduzidos e maior interação da equipe em todas as etapas de desenvolvimento do projeto.

c) Simulação

Segundo Cha (2012), os avanços recentes e inovadores nas tecnologias de RV resultaram na emergência da tecnologia de interação computador-humano, permitindo que usuários reais participem de ambientes virtuais simulados por computador. Isso ressalta a crescente demanda por simuladores de treinamento baseados em realidade virtual, os quais possibilitam treinamentos seguros, convenientes e planejados, permitindo repetições sistemáticas. De acordo com Shannon (1975), a principal finalidade da análise por meio de simulações é aprimorar a eficácia das decisões gerenciais. Uma característica valorizada nas simulações é a inclusão de animação gráfica, especialmente quando aplicada à modelagem de processos de fabricação (LAW; HAIDER, 1989).

Os simuladores de treinamento devem, de maneira geral, apresentar funcionalidades essenciais, como a capacidade de criar e controlar cenários, conteúdo de RV que represente situações reais, dispositivos de interface de RV imersiva e a capacidade de avaliar o processo de treinamento e os resultados obtidos. É fundamental, especificamente, que o conteúdo realista de RV seja gerado em tempo real, de acordo com os cenários de treinamento fornecidos e considerando os locais e perspectivas escolhidos pelo usuário. Esse conteúdo é disponibilizado aos treinandos por meio de dispositivos de interface imersivos, como os HMDs (Head-Mounted Display), criados para maximizar a sensação de presença e interatividade. As respostas dos treinandos e os dados relacionados ao cumprimento da missão são registrados e analisados para uma avaliação abrangente do treinamento (CHA, 2012).

d) Treinamento

A modernização dos sistemas produtivos nas organizações demanda a adoção de equipamentos mais avançados e sofisticados, o que por sua vez requer mão de obra especializada. O uso para treinamento requer uma transferência eficaz de um volume complexo de conhecimento em um período de tempo reduzido, desafiando os métodos tradicionais de ensino e treinamento (LOBÃO; PORTO, 1997).

Conforme observado por Menin, Torchelsen, Nedel, (2018), os sistemas de RV, caracterizados como uma forma de comunicação que proporciona uma imersão física completa, oferecem estímulo sensorial artificial e induzem uma imersão mental no usuário, sendo interativos. Tais sistemas, com diferentes níveis de imersão, têm sido amplamente utilizados para capacitar profissionais por meio de treinamentos.

A integração de práticas pedagógicas com recursos virtuais, segundo especialistas, proporciona experiências de ação-reflexão, favorecendo a aquisição de novas habilidades e competências essenciais para o contexto contemporâneo. Entre essas competências estão a criatividade, autonomia, iniciativa, capacidade reflexiva crítica, inovação, colaboração em equipe e capacidade de análise diante de desafios (MIRAVETI, 2016).

À medida que as metodologias ativas de ensino ganham destaque no cenário educacional, a integração de recursos virtuais, como a RV, tem se mostrado uma estratégia pedagógica eficaz para estimular a descoberta de soluções aplicáveis ao mundo real, conforme argumentado por Lima et al. (2021). Gomes et al. (2018) aponta ainda que na esfera do treinamento, os jogos em RV têm sido adotados como uma estratégia para promover o engajamento no processo de aprendizagem.

Unity e a criação de aplicações para Realidade Virtual

Unity 3D (Unity Technologies) é uma ferramenta de software utilizada na criação de jogos e aplicações interativas, permitindo a visualização de ambientes tridimensionais de forma instantânea. Por meio de recursos provenientes de outras plataformas como Blender (Blender) ou Studio Max (Autodesk), é possível importar modelos 3D para a criação de cenários e personagens (COELHO, 2010).

Andrade (2022) explica que os motores de jogo, também conhecidos como game engines, são conjuntos de ferramentas de design de jogos integradas em um ambiente computacional dedicado. Esses motores se assemelham aos editores de texto, nos quais todas as funcionalidades essenciais são incorporadas no ambiente de software, incluindo módulos de impressão, correção ortográfica e formatação. De forma análoga, nos motores de jogo, as ferramentas necessárias para conceber e concluir uma aplicação são implementadas de maneira independente do projeto específico.

Além disso, a engine apresenta a capacidade de suportar projetos multiplataforma, o que possibilita o desenvolvimento de aplicações para plataformas como Android e iOS com poucas modificações no código.

A Unity 3D (Unity Technologies) possibilita a criação de cenários em tempo real, permitindo ao usuário mover objetos e ajustar a iluminação conforme necessário. Adicionalmente, oferece recursos para desenvolver interações, animações e configurar os controles do jogo, entre outras funcionalidades típicas de um motor de jogo. A partir dessas características, essa foi a plataforma escolhida para o desenvolvimento da aplicação descrita neste artigo.

Conceito de Fogo

Conforme descrito por Camillo Jr. (2022) e delineado na Instrução Técnica 03 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo (CB/SP, 2019), o fogo é conceituado como um processo químico de oxidação ou combustão, resultando na transformação de materiais combustíveis ou inflamáveis. Tal transformação gera calor, luz e emissão de gases tóxicos em virtude da decomposição dos materiais envolvidos. Para a ocorrência do fenômeno incendiário, quatro elementos são essenciais: combustível, comburente (geralmente oxigênio), fonte de calor e ação em cadeia.

Segundo Seito et al. (2008), a identificação da ação em cadeia como um componente crucial motivou a transição do paradigma representado pelo tradicional triângulo do fogo para o conceito do tetraedro do fogo. Este novo modelo é ilustrado na Figura 1 para melhor compreensão do contexto abordado.

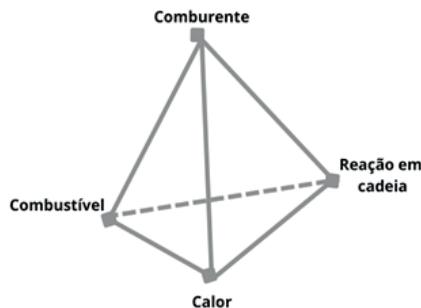


Figura 1 - Tetraedro do Fogo.

Fonte: Seito et al., 2008 (adaptado).

Combustível

O combustível é definido como qualquer substância que atua como substrato para o fenômeno do fogo, segundo Seito et al. (2008), ele pode se manifestar nos estados sólido, líquido ou gasoso. Quando em contato com o oxigênio, o combustível reage, resultando

na liberação de calor, chamas e gases. Para que ocorra a reação entre o combustível e o oxigênio, é necessário que o material seja submetido a uma temperatura suficientemente elevada, que permita a liberação de gases para iniciar a combustão.

Comburente

Conforme enfatizado por Camillo Jr. (2021) e por (CB/SP, 2019, p. 39), o comburente é descrito como a substância responsável por sustentar e alimentar as chamas. Sua combinação com vapores inflamáveis promove a expansão do fogo. O oxigênio é o comburente mais prevalente, presente na atmosfera terrestre em uma concentração aproximada de 21%. Para manter a sustentabilidade da combustão, é essencial que a proporção de oxigênio não caia abaixo de 14%. Sem a presença do comburente, o processo de combustão não pode ocorrer.

Calor

O calor constitui o elemento primordial que instiga a ignição, sendo uma forma de energia desencadeada por processos tanto químicos quanto físicos. É o calor que propaga a chama através do combustível. O aumento da temperatura induz alterações nos estados físicos e químicos da matéria, resultando na modificação do volume do corpo aquecido. (SEITO ET AL., 2008; CB/SP, 2019).

Reação em Cadeia

De acordo com as considerações de Camillo Jr. (2022), as reações em cadeia representam séries de processos reativos que se desenrolam durante o evento incendiário, desencadeados por um agente isolado (o fogo) ou um conjunto de agentes, os quais instigam novas reações, gerando sua própria energia de ativação. Após o início da combustão, os materiais combustíveis geram calor, desencadeando a liberação adicional de gases e vapores, resultando na produção contínua de energia, desde que haja disponibilidade de combustível e comburente para a sustentação do processo de queima.

Formas de Propagação do Fogo

Segundo a Instrução Técnica nº 02/2019 da Secretaria da Segurança Pública, Polícia Militar do Estado de São Paulo / Corpo de Bombeiros (2019) “O calor e os incêndios se propagam por 3 maneiras fundamentais”:

- a. Conducción:** É a transmissão de calor por meio do material sólido, onde uma região de temperatura elevada transmite calor de molécula a molécula para outra região de baixa temperatura (CAMILLO JR., 2022);
- b. Convecção:** É a transmissão de calor por meio da movimentação de um fluido líquido ou massa de ar aquecida (CAMILLO JR., 2022);
- c. Irradiação:** É a transmissão de calor por meio de ondas caloríficas na forma de energia radiante sem contato com qualquer meio material (CAMILLO JR., 2022).

Extintor de incêndio

Conforme determinado pela Comissão Tripartite Permanente de Negociação do Setor Elétrico no Estado de São Paulo, os extintores de incêndio são destinados à pronta e rápida contenção de pequenos focos de incêndio. É imprescindível frisar que tais equipamentos não devem ser considerados como alternativas aos sistemas de extinção mais complexos, mas sim como acréscimos suplementares a esses sistemas. Os principais agentes extintores são:

- a. Água pressurizada:** é um agente extintor frequentemente utilizado para combater incêndios de classe A, que envolvem materiais sólidos, como madeira, papel e tecidos. Sua ação principal é o resfriamento do material em chamas, reduzindo sua temperatura e interrompendo o processo de combustão. Além disso, também atua por abafamento, ou seja, ao cobrir a superfície do material em chamas, impede a entrada de oxigênio, essencial para a continuidade do fogo. Esse agente pode ser aplicado de diversas formas, como jato compacto, ducha ou neblina.
- b. Gás Carbônico:** conhecido como CO₂, é um agente extintor recomendado para incêndios da classe C, que envolvem equipamentos energizados. Sua escolha se deve ao fato de não conduzir eletricidade, o que o torna seguro para uso nesse tipo de incêndio. O CO₂ atua principalmente por abafamento, ou seja, ao ser liberado sobre as chamas, forma uma camada que bloqueia o acesso do oxigênio, interrompendo assim o processo de combustão. Além disso, pode ser utilizado em incêndios das classes A e B em situações específicas. Para incêndios da classe A, seu uso é recomendado apenas no início do fogo, enquanto para incêndios da classe B, pode ser empregado em ambientes fechados.
- c. Pó químico:** é um agente extintor recomendado para o combate de incêndios da classe B, que envolvem líquidos inflamáveis e combustíveis, como gasolina e óleos. Sua principal ação é o abafamento, ou seja, ao ser disperso sobre as chamas, forma uma camada que interrompe o acesso do oxigênio, cessando assim o processo de combustão. Além de sua aplicação na classe B, o pó químico também pode ser utilizado em incêndios das classes A e C, mas é importante notar que, especialmente na classe C, seu uso pode resultar em danos aos equipamentos eletrônicos devido à corrosão provocada pelo pó. Portanto, seu emprego nessa classe de incêndio deve ser cuidadosamente avaliado.
- d. Pó químico especial:** O pó químico especial é um agente extintor recomendado para o combate de incêndios da classe D, que envolvem metais pirofóricos, como magnésio, alumínio e potássio. Sua ação primordial é o abafamento, onde ao ser aplicado sobre as

chamas, cria uma cobertura que corta o acesso do oxigênio ao material em combustão, interrompendo assim o processo de ignição e propagação do fogo.

e. Pó ABC: O pó ABC, também conhecido como fosfato de monoamônio, é um agente extintor amplamente recomendado para combater incêndios das classes A, B e C. Sua eficácia abrange materiais sólidos, líquidos inflamáveis e equipamentos energizados. Este agente age principalmente por abafamento, formando uma camada sobre as chamas que interrompe o acesso do oxigênio, inibindo assim o processo de combustão. Sua versatilidade e eficácia o tornam uma escolha comum em locais onde os riscos de incêndio são variados e podem envolver diferentes tipos de materiais combustíveis.

2 Metodologia e desenvolvimento

A metodologia adotada para este estudo foi estruturada em duas fases principais: a fundamentação teórica e a modelagem de um ambiente de realidade virtual.

A primeira etapa do trabalho incluiu uma revisão bibliográfica aprofundada, consultando fontes acadêmicas, como artigos científicos, monografias, teses, livros e sites de documentação. O propósito dessa fase foi alcançar um entendimento mais aprofundado das teorias e das ferramentas computacionais necessárias para o desenvolvimento da realidade virtual na plataforma Unity (Unity Technologies). Essa ferramenta permite a compilação de jogos e aplicativos 2D e 3D com diversas opções e ajustes para melhorar a qualidade da aplicação. O motor oferece ferramentas avançadas em termos de renderização, iluminação, terreno, partículas, física, áudio, programação e redes. A renderização oferecida pela Unity (Unity Technologies), para além do supracitado, suporta vários efeitos de iluminação e textura, sendo possível assim, trazer ambientes mais realistas. A partir de então, iniciou-se a modelagem do ambiente 3D seguida da implementação do conteúdo de conscientização ambiental.

Após a conclusão da revisão bibliográfica, iniciou-se a fase de produção relacionada ao tema do projeto. Através de um processo de brainstorming, foram definidos o ambiente que seriam modelados e os objetos de composição do cenário, considerando os extintores e sua aplicabilidade como ponto central da aplicação. As ideias foram inicialmente colocadas em papel, com o intuito de definir como seria a concepção do ambiente, a organização dos elementos e informações necessárias, sempre considerando a finalidade da aplicação: o desenvolvimento de uma aplicação educacional sobre o uso de extintores de incêndio para pessoas leigas. Dessa maneira, foi apontado que o cenário deveria incluir localizações realistas, como escritórios, cozinhas, fábricas, escolas e residências, permitindo que os usuários experimentem diferentes contextos de incêndio com várias intensidades e causas (como fogo em sistemas elétricos ou óleo). Outro ponto levantado foi a importância de apresentar uma variedade de extintores (incluindo água, pó químico, CO₂ e espuma), assim como suas especificidades, identificações e qual é o correto para cada tipo de incêndio. Pensando na experiência dos usuários e no design participativo, optou-se por começar a aplicação com uma breve introdução teórica que explica a ciência do fogo e a importância do uso adequado do extintor. Em seguida, uma demonstração interativa pode ensinar a técnica PASS (Puxar, Apontar, Apertar, Varredura), com feedback em tempo real durante

as simulações, alertando o usuário sobre a distância adequada e a necessidade de mirar na base do fogo, assim como dando espaço para que o usuário aprenda a manipular os controles da aplicação. A interatividade é fundamental para esse tipo de aplicação, pois permite que os usuários se movimentam pelo ambiente virtual, interajam com o extintor de diferentes locais e simulem a aplicação do extintor no fogo.

Optou-se pela utilização da linguagem C# para a criação de scripts, organização da cena, inserção de modelos 3D, efeitos sonoros, entre outros, dessa maneira as cenas do jogo proposto foram sendo criadas. Destaca-se que a Unity (Unity Technologies), oferece modelos 3D e efeitos sonoros gratuitos, os quais foram utilizados na criação do ambiente. Por fim, a composição da cena foi ajustada à iluminação e às texturas. Em diferentes etapas do processo de criação, foram feitos testes da aplicação para corrigir os erros e aprimorar suas funções.

Resultados e discussões

Os resultados deste estudo refletem a eficácia do uso de RV em treinamentos e simulações com redução de tempo, custos e uma melhoria da qualidade.

Para a construção desse jogo, foram criadas diferentes situações envolvendo fogo em um cenário de cozinha, onde são mostrados os seguintes objetos em chamas: uma panela com óleo, um notebook (equipamento eletrônico que está em cima de uma bancada), parte da bancada de madeira e uma pilha de papéis.

Como resultado deste projeto, foi produzido um cenário de treinamento que inclui equipamentos em chamas para atuação com os diferentes extintores utilizados (Figura 2).

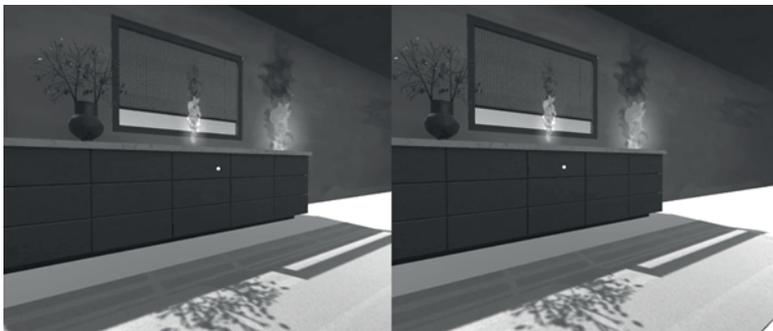


Figura 1 - Bancada com papéis em chamas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A figura 3, exhibe outra parte do cenário, ainda dentro da cozinha criada. Nela é possível observar a panela de óleo em chamas.



Figura 3 - Extintor e panela em chamas. Fonte: Elaborada pelos autores.

Os modelos utilizados na aplicação foram disponibilizados na plataforma Sketchfab, sendo a cozinha completa¹, fogão², extintor³, panela⁴ e porta⁵, notebook⁶ e o fogo de um sistema de partículas⁷ (Figura 4).



Figura 4 - Extintor e panela em chamas Fonte: Elaborada pelos autores.

A figura 5 mostra a visão superior do cenário, onde é possível compreender a organização de cada elemento presente na cena.



Figura 5 - Vista superior do cenário. Fonte: Elaboradas pelos autores.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi necessário escolher quais ferramentas e funções seriam mais importantes para o jogo e, infelizmente, por falta de tempo hábil, alguns sistemas não puderam ser implementados, dentre esses, para tornar o aprendizado mais envolvente, foi pensado em um sistema de pontuação que avaliaria a rapidez e a eficácia do uso do extintor e incentivaria o usuário a tentar melhorar e conseguir mais pontos no jogo. Para essa composição pensou-se que os usuários poderiam subir de nível à medida que dominassem diferentes tipos de incêndios e extintores, recebendo recompensas e *badges* ⁸ por suas conquistas, como "Primeira Extinção" ou "Controle de Incêndios Elétricos". Além disso, a simulação deverá incluir cenários de erro, mostrando o que acontece ao usar o extintor errado ou quando o fogo não é completamente extinto, ressaltando a importância da segurança e prezando pelo aprendizado do usuário.

Outras ideias que surgiram são: a integração de cenários adicionais, como explosões simuladas ou ambientes escuros com fumaça que podem aumentar a dificuldade e proporcionar uma experiência mais desafiadora; a inclusão de um modo colaborativo, onde os usuários trabalham em equipe para combater incêndios mais complexos, incentivando a comunicação e a coordenação entre os participantes.

O projeto entende que também é necessária a garantia de inclusão e acessibilidade por meio de opções de mudança do visual (alto contraste e legendas maiores, por exemplo), de áudio e controles.

Por fim, pensou-se que o treinamento carece de uma avaliação final com um relatório de desempenho detalhado, destacando erros e áreas de melhoria, além de opções para repetir o treinamento em diferentes cenários. A integração com certificações pode oferecer um reconhecimento formal do treinamento, tornando o ambiente de RV uma ferramenta valiosa para a educação sobre o uso correto de extintores de incêndio..

Trabalhos futuros

A partir das ideias que não foram implementadas por falta de tempo, das discussões que decorreram durante o desenvolvimento do processo e conversas com pessoas que poderiam utilizar esse sistema futuramente, sistematizou-se os seguintes tópicos para serem aprimorados ou inseridos nos trabalhos futuros:

- a. Programação da interação do usuário com o extintor, incluindo a escolha do agente extintor para a classe de incêndio identificada na simulação;
- b. Criação de cenários individuais para cada agente extintor;
- c. Implementar níveis de dificuldade que incidam na extensão do incêndio e na tomada do local pela fumaça;
- d. Realizar testes com hardware específico afim de verificar a qualidade dos recursos utilizados em diferentes sistemas de RV.
- e. Implementação de opções de acessibilidade visuais e sonoras.

Grifa-se que esse é um projeto mais inicial, mas que será desenvolvido de maneira mais completa futuramente para testes mais profundos e outras avaliações de uso em diferentes

cenários e com diferentes públicos. Assim, é importante ressaltar que a produção parcial do treinamento limitou a avaliação completa de seu potencial e eficácia. Planeja-se que futuros estudos abordem essas limitações por meio de implementações completas e mais testes.

Conclusão

O treinamento em RV já é uma realidade em diversos campos, uma vez que possibilita o contato com o equipamento a ser utilizado em uma simulação onde os usuários podem cometer erros sem consequências no mundo real. Este tipo de abordagem garante segurança ao usuário em treinamento, possibilita a identificação de vulnerabilidades nos procedimentos e familiariza o usuário com o equipamento.

O treinamento de segurança contra incêndios é extremamente vital em nossa sociedade, na qual o fogo é presente no dia a dia do ser humano. Aprender a lidar com as consequências de um acidente com fogo é responsabilidade social de todos, seja acionar o Corpo de Bombeiros para a extinção das chamas ou controlá-lo em casa, num princípio de incêndio, como quando uma panela com óleo incendeia.

Os resultados da pesquisa apontam para uma familiarização positiva com o uso de extintores sem o gasto de equipamento essencial à segurança bem como sem expor o usuário ao risco de queimaduras.

Grifa-se que um treinamento no qual o usuário tenha contato com o peso de um extintor possibilita uma outra experiência, no entanto esse estudo foi projetado para uma etapa que explora um conhecimento mais teórico e de manejo do extintor de incêndio. Ele pode ser utilizado em conjunto com outros tipos de treinos quando necessário.

Esse projeto será trabalhado em diferentes aspectos futuramente e poderá ser utilizado em diferentes frentes, seja para usuários leigos que necessitam aprender fundamentos básicos sobre a extinção de focos de incêndio ou como parte de treinamentos mais complexos para profissionais especializados. O próximo passo desse trabalho é a validação por meio de testes práticos com usuários de diferentes faixas etárias e em diferentes locais, para entender melhor as facilidades, dificuldades e possibilidades de melhorias do sistema.

Notas:

1. Modern Scandinavian Kitchen Island. Sketchfab: QuarizonStudio, 12 jun. 2023. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/modern-scandinavian-kitchen-island-a9738f4e-651b4779acdddcfbb89516f6>.
2. Gas Stove. Sketchfab: Franceso Coldesina, 04 out. 2017. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/gas-stove-9a4b89d7ff5c482dae835df596fdcc2f>.
3. Fire Extinguisher. Sketchfab: Loïc, 26 jul. 2018. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/fire-extinguisher-5676b179b3b744c0aaae53a3dcea2300>.
4. Sauce Pan. Sketchfab: clon6767, 17 nov. 2022. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/sauce-pan-8969d1ea10704d1a9c619f06ed3f1604>.

5. Door. Sketchfab: hoschu, 18 jul. 2017. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/door-adf292f437f24151918a3b16ecef52d2>.
6. Laptop, notebook. Sketchfab: Mikhail Antonov, 15 ago. 2022. Disponível em: <https://sketchfab.com/3d-models/laptop-notebook-975bf43d39fd4440aafa511aa85c4693>.
7. Sirhaian. Unity VFX Tutorials - 08 - Basics (Fire). YouTube, 02 fev. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5Mw6NpSEb2o&t=398s&pp=ygUfdW5pdHkgMjAxOSBmaXJlIHhcnRpY2xIIHN5c3RlbQ%3D%3D>.
8. Traduzido do inglês como “emblema” ou “insígnia”, é um termo que, nos ambientes de jogos, se refere a conquistas que o jogador obteve durante o jogo.

Referências

- Andrade, V. S. (2022). SpeakArt: jogo sério para apoiar o processo de reabilitação da percepção de fala. Doctoral Thesis, Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais, University of São Paulo, Bauru. doi:10.11606/T.61.2022.tde-18012023-131516. Retrieved 2024-08-10, from www.teses.usp.br
- Bertram, J., Moskaliuk, J., & Cress, U. (2015). Virtual training: Making reality work?. *Comput. Hum. Behav.*, 43, 284-292. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.032>.
- Burdea, G., & Coiffet, P. (1994). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Camillo Júnior, A., B. (2022). *Manual de prevenção e combate a incêndios*. São Paulo: SENAC São Paulo. 16 edição 2022. p. 200. ISBN 978-65-55367-74-4
- Carvalho, R. V. T. G. D., Rosa, L. M., Silva, M. G., Barros, F. C. D., Braga, G. C. B., Araújo, A. A., ... *Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal*. (2009). *Manual básico de combate a incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal*.
- Cha, M., Han, S., Lee, J., & Choi, B. (2012). A virtual reality-based fire training simulator integrated with fire dynamics data. *Fire Safety Journal*, 50, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.01.004>
- Coelho, P. R. P. e S. (2010). *A construção de visitas virtuais: o caso do Museu de Aveiro* [Master's thesis, Universidade de Aveiro]. Universidade de Aveiro Repository. <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3785/1/disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>
- Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. (2007). *Manual de Atendimento Pré-Hospitalar*. <https://www.cbm.df.gov.br/downloads/edocman/legislacoes/manuaisoperacionais/manual%20aph.pdf>
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. (2016). *Manual Operacional de Bombeiros: Resgate Pré-Hospitalar*. <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2015/12/MANUAL-DE-RESGATE-PR%C3%89-HOSPITALAR.pdf>
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo. (2019). *Instrução técnica N° 02/2019: Conceitos básicos de segurança contra incêndio*. <https://cbaplang.corpodebombeiros.sp.gov.br/internetCB/#/LegislacaoConsulta>
- Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo. (2019). *Instrução técnica N° 03/2019: Terminologia de segurança contra incêndio*. <https://cbaplang.corpodebombeiros.sp.gov.br/internetCB/#/LegislacaoConsulta>

- De Negri, F. (2017). Por uma nova geração de políticas de inovação no Brasil. In L. Turchi & J. M. Morais (Eds.), *Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações* (pp. XX–XX). IPEA.
- Di Nardo, M., & Yu, H. (2021). Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. *Applied System Innovation*, 4(3), 45. <https://doi.org/10.3390/asi4030045>
- Elangovan, U. (2021). *Industry 5.0: The Future of the Industrial Economy* (1st ed.). CRC Press.
- Freeman, D., et al. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393–2400
- Gogola, J., et al. (2023). Reanimação Cardiopulmonar por leigos – técnicas e ferramentas auxiliares: uma revisão integrativa. *Espaço para a Saúde*, 24. <https://doi.org/10.22421/1517-7130/es.2023v24.e964>
- Grimes, J. (1991). Virtual reality 91 anticipates future reality. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 11(6), 81–82.
- Isfahani, S. S., Hosseini, M. A., Khoshknab, M. F., Peyrovi, H., & Khanke, H. R. (2015). Nurses' creativity: Advantage or disadvantage. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. <https://doi.org/10.5812/ircmj.20895>
- Iwata, K., et al. (1995). A modeling and simulation architecture for virtual manufacturing systems. *Annals of the CIRP*, 44(1), 399–402.
- Jacobson, L. (1991). Virtual reality: A status report. *AI Expert*, 6(8), 26–33.
- Kirner, C. (1996). Apostila do ciclo de palestras de realidade virtual. Atividade do Projeto AVVIC – CNPq (Protem – CC – fase III) – DC/UFSCar.
- Krueger, M. (1991). *Artificial reality II*. Addison-Wesley.
- Law, A. M., & Hider, S. W. (1989). Selecting simulation software for manufacturing applications: Practical guidelines & software survey. *Industrial Engineering*, 21(5), 33–46.
- Lobão, E. de C., & Porto, A. J. V. (1997). Uso da simulação no ensino de engenharia. In *Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica*, 14, Bauru. UNESP/ABCM.
- Lohre, R., Bois, A., Athwal, G., & Goel, D. (2020). Improved Complex Skill Acquisition by Immersive Virtual Reality Training: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of bone and joint surgery*. American volume. <https://doi.org/10.2106/jbjs.19.00982>.
- Menin, A., Torchelsen, R., & Nedel, L. (2018). An analysis of VR technology used in immersive simulations with a serious game perspective. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 38(2), 57–73.
- Mihelj, M., Novak, D., & Beguš, S. (2014). *Virtual Reality Technology and Applications* (Vol. 68).
- Ministério da Saúde. (2003). *Manual do Primeiros Socorros*. Fundação Oswaldo Cruz.
- Miraveti, J. de C. (2016). *Suporte básico de vida para leigos: um estudo quase experimental* [Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo]. Universidade de São Paulo Repository. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-30032017-193956/en.php>
- Moore, A., McMahan, R., & Ruoizzi, N. (2021). Exploration of Feature Representations for Predicting Learning and Retention Outcomes in a VR Training Scenario. *Big Data Cogn. Comput.*, 5, 29. <https://doi.org/10.3390/BDCC5030029>.
- Moraes, Ana Maria. Santa Rosa, José Guilherme. (2012). *Design Participativo. Técnicas para*

- inclusão de usuários no processo de ergodesign de interfaces. Rio de Janeiro: Rio Books 1 Edição 2012. p.172. ISBN 978-85-61556-16-7.
- Motejlek, J., & Alpay, E. (2023). The retention of information in virtual reality based engineering simulations. *European Journal of Engineering Education*, 48, 929 - 948. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2160968>.
- Netto, A. V., et al. (1998). Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produto. *Gestão & Produção*, 5, 104–116.
- Norman, D. A. (2002) *Emotion and Design: Attractive things work better*. *Interactions Magazine*, IX(4), p.36-42.
- Norman, D. A. (2018) *O Design do dia-a-dia*, Rio de Janeiro. 328pg. Ed.: Anfitatro.
- Norman, D. A. (2008) *Design emocional: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia*. Rocco, 2008.
- Pereira, R., & Santos, N. dos. (2022). Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria. In XLVI Encontro da ANPAD - EnANPAD 2022, On-line.
- Porsani, R. N., & Paschoarelli, L. C. (2021). O Design como alternativa viável para projetos em saúde. In L. C. Paschoarelli & M. S. Menezes (Eds.), *Design: Teoria aplicação e geração de conhecimento* (Vol. 1, pp. 38–49). Canal 6.
- Porsani, R. N., Demaison, A. L., Marques, L. R. F., & Paschoarelli, L. C. (2022). Reflexões sobre design para emoção: percepções no campo da estética do artefato. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 159, 161–171. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi159.6824>
- Porsani, R. N., Junior, M. I. A., Demaison, A., Almeida, L. G., Sampetro, P. P., Andrade, V. S., & Paschoarelli, L. C. (2024). Design-verse technologies: Registro do processo de desmaterialização digital de objetos por Scan para Realidade Virtual. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 223, 203–222.
- Riva G. (2003). Applications of virtual environments in medicine. *Methods of Information in Medicine*, 42(5), 524-534.
- Rix, J., Haas, S., & Teixeira, J. (1995). *Virtual prototyping: Virtual environments and the product design process*. IFIP Chapman & Hall.
- Rizzo, A. S., & Kim, G. J. (2005). A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 14(2), 119-146.
- Rogers, Yvonne; Helen Sharp; Jennifer Preece.(2013). *Design de Interação: Além da Interação humano-computador*. Tradução: Isabela Gasparini; Revisão Técnica: Marcelo Soares Pimenta. -3. ed.- Porto Alegre: Bookman, 2013. xiv, 585p. ISBN 978-85-8260-006-1.
- Shannon, R. E. (1975). *System simulation: The art and the science*. Prentice-Hall.
- Silva, H. P., & Elias, F. T. S. (2019). Incorporação de tecnologias nos sistemas de saúde do Canadá e do Brasil: Perspectivas para avanços nos processos de avaliação. *Cadernos de Saúde Pública*. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00071518>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- Soares, P. R. F. T. (2019). *Realidade virtual como ferramenta de treinamento para brigada de emergência de uma refinaria* [Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco]. Universidade Federal de Pernambuco Repository.
- Spiegel, B., & Sareh, S. (2019). The Role of Virtual Reality in the Future of Surgical and

- Medical Training. *Annals of Surgery*, 269(2), 360-364.
- Stein, M., Costa, R., & Gelbcke, F. L. (2023). Enfermagem e design na criação de produtos para a saúde: Aproximando áreas e resolvendo problemas. *Texto & Contexto Enfermagem*, 32, e20220160. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2022-0160pt>
- Tori, R., Kirner, C., & Siscoutto, R. (2006). Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. In *Symposium on Virtual Reality*, 8, Belém. SBC.
- Vince, J. (2004). Introduction to virtual reality. Springer Science & Business Media.
- Whyte, J. (2018). Virtual reality and the built environment. Routledge.
- Wiederhold, B. K., & Wiederhold, M. D. (2005). Virtual reality therapy for anxiety disorders: Advances in evaluation and treatment. American Psychological Association.
- Woon, A., Mok, W., Chieng, Y., Zhang, H., Ramos, P., Mustadi, H., & Lau, Y. (2020). Effectiveness of virtual reality training in improving knowledge among nursing students: A systematic review, meta-analysis and meta-regression.. *Nurse education today*, 104655. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104655>.
- Zahabi, M., & Razak, A. (2020). Adaptive virtual reality-based training: a systematic literature review and framework. *Virtual Reality*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00434-w>.

Abstract: In recent decades, several technological innovations in software and hardware have caused changes in how our daily activities are carried out. Among them, we highlight the various innovations in the integration of information and communication and the transformations caused in several areas, such as education and training, entertainment, among others. This article explores how Participatory Design, User Experience (UX) and virtual reality (VR) can be applied in the development of more realistic experiences for fire extinguisher training, highlighting the technological capabilities of teaching in a VR environment, in controlled and safe conditions for students. The objective was to build an auxiliary tool for teaching firefighting to nonprofessional people. Theoretically, issues of Participatory Design and UX were addressed to guide the parameters of the construction of this software, thinking about teaching and its ease of use. The main result was the creation of the first version of an application that uses VR as a platform and that simulates the environment of a kitchen. The application values a realistic look with several fire sources, flames of different sizes and commands that imply the correct use of the extinguisher to put out the flames.

Keywords: VR, Participatory Design, User Experience, Firefighting Teaching, UX, Training, Virtual Environment, Software Creation.

Resumo: Nas últimas décadas, diversas inovações tecnológicas em software e hardware têm provocado mudanças na maneira como realizamos nossas atividades diárias. Isso inclui diversas inovações na integração de informação e comunicação, bem como as

transformações trazidas em vários setores, como educação e treinamento, entretenimento e outros. Este artigo explora como o Design Participativo, a Experiência do Usuário (UX) e a Realidade Virtual (RV) podem ser aplicados para desenvolver experiências mais realistas para o treinamento de bombeiros, destacando as capacidades tecnológicas do ensino de RV em condições controladas e seguras para os alunos. O objetivo era construir uma ferramenta auxiliar para o ensino de combate a incêndios para não profissionais. Temas de Design Participativo e UX foram abordados teoricamente para nortear os parâmetros de construção deste software, tendo em mente o ensino e a facilidade de uso. O principal resultado foi a criação da primeira versão de um aplicativo que utiliza a realidade virtual como plataforma e simula um ambiente de cozinha. O aplicativo foca em um visual realista com diferentes incêndios, chamas de diferentes tamanhos e comandos que envolvem o uso correto do extintor para apagar as chamas.

Palabras clave: RV, Design Participativo, Experiência do Usuário, Educação em Combate a Incêndios, UX, Treinamento, Ambiente Virtual, Desenvolvimento de Software.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
