

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA – PPGEB

LEANDRO ROBERTO VAZ VIEIRA

TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA INDÚSTRIA: COMPA-
RAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE REALIDADE VIRTUAL E TRADICIONAL
EM SALA DE AULA.

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2022

LEANDRO ROBERTO VAZ VIEIRA

TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA INDÚSTRIA: COMPA-
RAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE REALIDADE VIRTUAL E TRADICIONAL
EM SALA DE AULA.

WORK SAFETY TRAINING IN INDUSTRY: RELATION BETWEEN THE
METHODS VIRTUAL REALITY AND TRADITIONAL IN CLASSROOM.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação **ENGENHARIA BIOMÉDICA (PPGEB)**, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UT-FPR), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências – Área de Concentração Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Higor Vinicius dos Reis Leite

CURITIBA
2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



LEANDRO ROBERTO VAZ VIEIRA

**TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA INDÚSTRIA: COM-
PARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE REALIDADE VIRTUAL E TRADICIO-
NAL EM SALA DE AULA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia Biomédica.

Data de aprovação: 24 de Junho de 2022

Dr. Higor Vinicius Dos Reis Leite, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Daniel Prado De Campos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Pablo Deivid Valle, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 24/06/2022.

Dedico este trabalho a minha esposa Daniele por cuidar de nossos filhos Kaléo e Gabriela enquanto estive dedicado à pesquisa, e aos meus pais, Léo e Angelina, e avós, Diva e Antônio (in memoriam), responsáveis por minha criação e por minha educação e por todos os ensinamentos alcançados.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me dado condições e saúde para me dedicar a esta pesquisa.

Agradeço à minha esposa, Daniele, por todos os incentivos e suporte ao cuidar de nossos filhos, também aos meus filhos, Kaléo e Gabriela, pelo carinho que sempre me deram.

Meu obrigado ao meu orientador, Prof. Dr. Higor Leite, pela paciência em ensinar sobre o desenvolvimento de uma pesquisa científica, sempre dedicado e detalhista em todas as orientações, alcançando resultados de superação pessoal.

Agradeço aos meus pais, Léo e Angelina, e meus irmãos, Alessandro e Renata por todo o suporte emocional durante esta pesquisa, em especial ao meu irmão, Alessandro Vieira, por todas as orientações e trocas de experiências durante os estudos.

Também agradeço ao meu amigo, Prof. Dr. Giles Balbinotti, pelas orientações profissionais, pela motivação acadêmica de realizar esse mestrado e pelos desafios em desenvolver artigos e apresentações em congressos profissionais ligados à indústria e à ergonomia desde 2011.

Sou grato à todos os 60 participantes desta pesquisa e aos instrutores que aplicaram os treinamentos exclusivos para o desenvolvimento desse estudo: sem vocês esta pesquisa não seria possível.

Minha imensa gratidão também ao meu gestor, Rogério Zen, que deu o incentivo à pesquisa e o suporte necessário para permitir a participação em disciplinas.

Agradeço a UTFPR pela oportunidade de formação nesta conceituada universidade.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

RESUMO

VIEIRA, Leandro Roberto Vaz. **Treinamento de segurança do trabalho na indústria: comparação entre os métodos de realidade virtual e tradicional em sala de aula.** 122 f. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Curitiba, 2022.

A aplicação de treinamentos de segurança ocupacional e os riscos no ambiente de trabalho são um desafio para as organizações em todo o mundo. Para diminuir esses riscos e substituir os modelos tradicionais de treinamento, várias organizações estão adotando abordagens inovadoras, como a realidade virtual (RV). Os estudos mostram o potencial que a RV tem de aumentar a motivação e o envolvimento dos participantes, pois ela pode gerar resultados de retenção do conhecimento no processo de aprendizagem após o treinamento, diferentemente do método tradicional em sala de aula. Porém, os estudos pesquisados não avaliaram a retenção do conhecimento em longos períodos após o término do treinamento. Diante disso, o objetivo desse estudo é avaliar a evolução da retenção do conhecimento ao aplicar um treinamento de segurança do trabalho em funcionários de uma indústria automobilística, comparando-se os métodos de realidade virtual e tradicional. Para isso, utilizamos os métodos quantitativo e qualitativo a fim de comparar o grupo experimental ao de controle. Os resultados estatísticos demonstraram que o método de RV é mais eficaz em termos de aprendizado prático de alguns conteúdos, como 5S e Instrução de Trabalho (IT), e igualmente eficaz em termos de aprendizado teórico sobre o conteúdo de equipamento de proteção individual (EPI). Os resultados da análise temática do experimento também apresentaram benefícios como: retenção do conhecimento, efeitos comportamentais e avanços tecnológicos. Quanto aos desafios, obteve-se: interação usuário-tecnologia, relação integridade física, infraestrutura organizacional e limitação tecnológica. Além disso o uso de sistemas de RV no treinamento de segurança melhora o envolvimento, o engajamento e, portanto, a satisfação dos trabalhadores.

Palavras-chave: Treinamento; Segurança do trabalho; Realidade virtual; Aprendizagem; Tecnologia.

ABSTRACT

VIEIRA, Leandro Roberto Vaz. **Work safety training in industry: relation between the methods virtual reality and traditional in classroom.** 122 p. Dissertation. Federal University of Paraná: Curitiba, 2022.

The application of occupational safety training and risks in the work environment is a challenge for organizations around the world. To lessen these risks and replace traditional training models, organizations are adopting innovative approaches such as virtual reality (VR). Studies show the potential that VR, such as increase student motivation and engagement, as it can achieve knowledge retention results in the learning process after training, unlike the traditional classroom method. However, the analyzed studies did not measure knowledge retention over long periods after the end of training. Therefore, the objective of this study is to evaluate the evolution of knowledge retention when applying occupational safety training to employees of an automobile industry, comparing the methods of virtual reality and traditional in the classroom. For this, we used quantitative and qualitative methods, to compare the experimental and the control groups. The statistical results showed that the VR method is more effective in terms of practical learning of some content, such as 5S and Work Instruction, and equally effective in terms of theoretical learning about the content of personal protective equipment (PPE). The results of the thematic analysis of the experiment also presented benefits such as: knowledge retention, behavioral effects, and technological advances. As for the challenges, the following were obtained: user-technology interaction, physical integrity relationship, organizational infrastructure, and technological limitation. Additionally, the use of VR systems in safety training improves employee engagement and satisfaction.

Keywords: Training; Work safety; Virtual reality; Learning; Technology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVOS GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	FATORES-CHAVE NO TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO	16
3.1.1	A importância do envolvimento do aprendiz	16
3.1.2	Transferência do conteúdo na aprendizagem.....	17
3.1.3	Novos paradigmas do conhecimento	19
3.2	REALIDADE VIRTUAL NA APRENDIZAGEM HUMANA.....	20
3.3	OS BENEFÍCIOS E OS DESAFIOS DA REALIDADE VIRTUAL.....	25
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
4.1	PLANO DA PESQUISA	32
4.1.1	Pesquisa quantitativa e qualitativa	34
4.1.2	Método: experimento	36
4.2	GRUPOS DA PESQUISA	37
4.2.1	Grupo experimental: Treinamento de segurança do trabalho com RV	37
4.2.2	Grupo controle: treinamento tradicional	39
4.3	ETAPAS DA PESQUISA.....	40
4.3.1	Etapa 1 – Característica da população da pesquisa.....	40
4.3.2	Etapa 2 – Característica da amostra	42
4.3.3	Etapa 3 – Tipo do Instrumento de coleta de dados	45
4.3.4	Etapa 4 – Aplicação questionário teste (Pré-teste).....	51
4.3.5	Etapa 5 – Análise e interpretação dos dados.....	51
4.4	CRONOGRAMA GERAL DA PESQUISA.....	54
5	RESULTADOS	55
5.1	RESULTADOS QUANTITATIVOS	55
5.1.1	Resultados da comparação entre o grupo experimental e de controle	58
5.2	RESULTADOS QUALITATIVOS	62

5.2.1 Retenção do Conhecimento	63
5.2.2 Efeitos comportamentais.....	65
5.2.3 Avanços Tecnológicos	67
5.2.4 Interação usuário-tecnologia	69
5.2.5 Integridade física do usuário	71
5.2.6 Infraestrutura organizacional	72
5.2.7 Limitação Tecnológica.....	74
6 DISCUSSÃO.....	76
6.1 PROCESSO DE APLICAÇÃO DE TREINAMENTO	78
6.2 IMPACTO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL POR IMERSÃO.....	81
6.3 IMPACTO DA TECNOLOGIA DE AMBIENTE VIRTUAL.....	82
6.4 O FUTURO DO TREINAMENTO VIRTUAL.....	83
6.5 IMPLICAÇÕES PARA O CONHECIMENTO	87
6.6 IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA	88
7 CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIAS	94
ANEXOS	107
ANEXO A – FOTOS DA APLICAÇÃO DOS TREINAMENTOS.....	107
ANEXO B – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	108
ANEXO C – PESQUISA SOBRE O NÍVEL DE CONHECIMENTO	110
ANEXO D – PESQUISA SOBRE O NÍVEL DE SATISFAÇÃO	115
ANEXO E – CRONOGRAMA COM AS ETAPAS DA PESQUISA E ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	116
ANEXO F – TABELA DE BENEFÍCIOS EM TEMAS NO TREINAMENTO COM RV.....	117
ANEXO G – TABELA DE DESAFIOS EM TEMAS NO TREINAMENTO COM RV	119
ANEXO H – EXPERIMENTOS COM TECNOLOGIA RVI PARA TREINAMENTOS	121

1 INTRODUÇÃO

A educação em segurança do trabalho na indústria é fundamental para a conscientização dos funcionários, principalmente daqueles que estão iniciando e não conhecem as regras da organização relacionadas à segurança do trabalho ou os riscos envolvidos no ambiente de trabalho (LEDER; HORLITZ; PUSCHMANN; WITTSTOCK; SCHÜTZ, 2019). Sendo assim, o treinamento em segurança do trabalho é fundamental para evitar riscos de acidentes a novos funcionários. Um estudo com acidentes de trabalho por lesões realizado no estado de Ontário, Canadá, coletando dados por dez anos, de 1998 a 2008, evidenciou que as taxas de ausências no trabalho por lesões foram três vezes maiores em funcionários novos, quando comparados a trabalhadores que tiveram pelo menos um ano de experiência profissional (MORASSAEI; BRESLIN; SHEN; SMITH, 2012).

Além disso, também é possível realizar a reciclagem das regras de segurança do trabalho ou comunicar funcionários experientes de qualquer mudança de procedimento (AVVEDUTO; TANCA; LORENZINI; TECCHIA; CARROZZINO; BERGAMASCO, 2017). Segundo Bryson (2016), os trabalhadores estão mais expostos a riscos de saúde e de segurança do trabalho quando subestimam os riscos devido à confiança em seus ambientes de trabalho. As organizações necessitam realizar um plano estratégico, com recorrentes informativos recorrentes sobre as regras de segurança com exemplos de riscos de segurança. Algumas pesquisas sugerem que as intervenções de segurança precisam abordar a percepção de risco e a melhoria no conhecimento em segurança do trabalho para todos os funcionários, visto que assim trazem resultados eficazes para a organização (LAUGHERY; WOGALTER, 2006).

O nível de conhecimento do funcionário sobre a segurança do trabalho se reflete em como ele cumpre as regras de segurança no seu ambiente de trabalho. Todos os trabalhadores devem estar cientes dos procedimentos de segurança necessários para desempenhar suas funções corretamente e sem riscos, não apenas os novos funcionários. De fato, a percepção de risco de um trabalhador diminui quando a experiência aumenta, a rotina pode levar à subestimação das ameaças (ZOHAR; EREV, 2007). De acordo com Christian, Bradley, Wallace e Burke (2009), três preditores principais são particularmente relevantes para garantir um bom desempenho em segurança do trabalho: conhecimento de segurança, motivação de segurança e propensão a assumir riscos. O grau de conhecimento em segurança do indivíduo reflete em como executar uma atividade com segurança. Já a motivação de segurança se associa à disposição de exercer esforços para

implementar um comportamento seguro. Por fim, a propensão a assumir riscos é o comportamento ativo do indivíduo em assumir riscos (CHRISTIAN; BRADLEY; WALLACE; BURKE, 2009). A propensão a assumir riscos ou a percepção de risco é uma pré-condição para a motivação de segurança, sendo comumente considerada como a probabilidade percebida de que um acidente irá ocorrer e a gravidade percebida das consequências de um acidente (WEINSTEIN, 1993).

Esses três preditores devem estar incorporados no plano estratégico das organizações, a fim de evitar e de reduzir os níveis de acidentes de trabalho. A percepção de risco, o conhecimento sobre perigos e sobre as medidas de segurança são fatores-chave que influenciam no comportamento do indivíduo na organização. Porém, para conscientizar os funcionários, na maioria dos treinamentos tradicionais de segurança do trabalho, aplica-se conteúdos, em salas de aulas, segundo métodos repetitivos, com auxílio da ferramenta de powerpoint; essas classes são ministradas por instrutores e esses conteúdos anualmente precisam ser revistos (SHERIDAN, 1992; DHALMAHAPATRA; DAS; MAITI, 2020). Muitas vezes, esses treinamentos tradicionais em sala de aula não são envolventes e oferecem baixa motivação para o participante; a consequência é que a taxa de redução de acidentes esperada pela organização não é alcançada (BRAHM; SINGER, 2013). Para que as informações sejam de fato transmitidas e o colaborador aprenda o conteúdo, é necessário que os treinamentos sejam envolventes, com motivação para aqueles que estão sendo instruídos.

Os métodos de treinamentos, usados para transmitir informações de segurança, podem mudar de acordo com a extensão com que o colaborador se envolve com o conteúdo apresentado, além do esforço mental que os colaboradores devem exercer para aprender o material. Segundo Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019), os treinamentos tradicionais de segurança do trabalho ocorrem, na maioria das vezes, por transmissão descritiva de conteúdo em sala de aula, ocasionando baixo nível de engajamento dos colaboradores. Porém existem métodos de treinamento que utilizam simulações e podem fornecer um alto grau de engajamento. De acordo com Felicia (2011), as simulações fornecem grande envolvimento porque o aprendizado é baseado em elementos interativos que permitem a participação e a oportunidade de experimentar as consequências das ações. As simulações em treinamento permitem que o aprendiz observe a causa e o efeito, e a aprendizagem é, portanto, baseada na experiência (BANDURA, 2001).

A simulação, como método de treinamento, é utilizada em organizações de diferentes setores. Alguns estudos utilizaram o treinamento de segurança do trabalho com RV como simulação de situações de riscos são: Segurança no processo de mineração (ROLDÁN; CRESPO; MARTÍN-BARRIO; PEÑA-TAPIA; BARRIENTOS, 2019), Manutenção de equipamentos (LI; KHOO; TOR, 2003; CARREIRA; CASTELO; GOMES; FERREIRA; RIBEIRO; COSTA, 2018) e Indústria Automobilística (LAWSON; SALANITRI; WATERFIELD, 2016; GORECKY; KHAMIS; MURA, 2017; HOU; WANG, 2013). A indústria automobilística utiliza, como treinamento em escolas de habilidades básicas, simulações do posto de trabalho para o operador exercitar sua função com segurança, além de conhecer as regras de segurança da organização e os equipamentos de proteção individual do posto de trabalho antes de ser encaminhado para o ambiente de trabalho real.

Atualmente, existem tecnologias inovadoras para realizar o treinamento de segurança do trabalho com simulação. Por exemplo, a realidade aumentada (RA), que integra imagens de objetos virtuais em um mundo real, a realidade virtual (RV), com a criação de um ambiente virtual (VE, em inglês) com ajudas visuais e imersivas para permitir que os usuários tenham uma sensação “real” do ambiente, e a realidade mista (RM) que é a mistura do realismo e da virtualidade, incluindo um ambiente virtual gerado por RV, imposto ao mundo real (LI, 2018). Porém a utilização da RV é mais comum para treinamento com simulação, trata-se de uma tecnologia que usa computação, *software* e *hardware* para gerar um ambiente simulado real ou imaginário para seu usuário (SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013).

De acordo com Sacks, Perlman e Barak (2013), na RV o ambiente virtual imersivo (IVE, em inglês) é um gerador de ambiente computacional que dá a uma pessoa uma sensação de estar dentro dele, envolvendo os sentidos da pessoa e reduzindo ou removendo sua percepção do ambiente real. O primeiro sistema gráfico interativo foi inventado pelo pesquisador Ivan E. Sutherland, o sistema interpretava desenhos como dados de entrada e realizava associações com topologias conhecidas, gerando novos desenhos (SUTHERLAND, 1964). O termo *realidade virtual* surgiu em meados dos anos 1970, pois os pesquisadores sentiram a necessidade de uma definição para diferenciar as simulações computacionais tradicionais dos mundos digitais que começavam a ser criados. (SKINOVSKY; CHIBATA; SIQUEIRA, 2008).

Diante desse contexto, a RV trouxe um novo conceito de imersão chamado de metaverso. De acordo com Pironti e Keppen (2021), esse conceito teve seu embrião no jogo *Second Life*, o qual, criado em 2003, simulava uma vida em sociedade, por meio de avatares; porém, naquela ocasião, o jogo não tinha sequer conexão virtual, é dizer, o usuário não tinha integração dos mundos real e virtual. Ainda segundo esses mesmos autores o Facebook inovou, trazendo uma proposta de plena interação entre ambos os universos, visto que as pessoas poderão se relacionar entre si, interagir e negociar com empresas, marcas, comprar propriedades virtuais por intermédio da plataforma, ou seja, criar seu próprio mundo virtual, em paralelo à “vida real”.

Em paralelo ao conceito de metaverso, a tecnologia de RV está inserida entre os nove pilares da nova revolução industrial, chamada de indústria 4.0, esses pilares são chamados: *big data/data analytics*, robôs autônomos, simulação, integração de sistemas, internet das coisas, ciber-segurança, computação em nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada (RÜBMANN; LORENZ; GERBERT; WALDNER; ENGEL; HARNISCH; JUSTUS, 2015). Os estudos mostram que a RV está inserida na simulação que resulta em alto senso de presença para o usuário. De acordo com Bystrom, Barfield, Hendrix (1999) e Schroeder (2008), a RV fornece um meio de as pessoas ganharem experiências em situações raras e perigosas, que não poderiam ser vivenciadas no ambiente real sem risco aos participantes. Alguns estudos que investigam o comportamento dos participantes em situações de riscos são: Emergências em incêndios (GAMBERINI; COTTONE, SPAGNOLI; VAROTTO; MANTOVANI, 2003; KWEGYIR-AFFUL; HASSAN; KANTOLA, 2021), Comportamento de segurança na construção civil (SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013), Inundações em cidades (ZAALBERG; MIDDEN, 2013) e Segurança da aviação (BUTTUSSI; CHITTARO, 2017; CHITTARO; BUTTUSSI, 2015). A utilização da RV na terapia humana tem obtido diversos resultados satisfatórios, como, por exemplo, a redução do medo de voar em avião (MÜHLBERGER; WEIK; PAULI; WIEDEMANN, 2006).

O método de treinamento com a utilização RV como simulação virtual é mais eficaz, já que transmite informações e melhora a retenção do aprendiz, devido ao envolvimento e ao alto senso de presença em relação aos simuladores. Essas premissas são confirmadas no estudo de Burke, Sarpy, Smith-Crowe, Chan-Serafin, Salvador e Islam (2006), que realizou uma revisão de literatura com 95 estudos envolvendo mais de 20 mil participantes de diversos setores e ocupações, e concluiu que o treinamento de segurança

do trabalho com RV é atrativo e fornece experiências diretas, sendo mais eficaz que o treinamento tradicional em salas de aula.

Apesar da tecnologia de RV trazer ganhos para o conhecimento, existem barreiras sobre o alto investimento para a implantação de uma tecnologia de RV que ainda é inviável para algumas organizações. Nesse sentido, embora haja uma evolução tecnológica e uma redução dos valores, utilizar a RV ainda não é financeiramente viável para todas as organizações (LAWSON; SALANITRI; WATERFIELD, 2016). O alto investimento está relacionado à competência técnica necessária para o desenvolvimento de *software*, com mão de obra especializada ainda escassa. Os custos de equipamento e de *software* ainda são elevados. Mesmo que exista uma tendência geral de redução dos custos da RV, há certos tipos de tecnologia que ainda não são acessíveis para a maioria das organizações (DEUTSCH; BORBELY; FILLER; HUHNS; GUARRERA-BOWLBY, 2008).

Diante do panorama mencionado acima, os estudos encontrados mostraram o potencial da RV e o aumento da motivação e do envolvimento do aprendiz em sala de aula quando utilizada essa tecnologia, gerando resultados de retenção do conhecimento no processo de aprendizagem após o treinamento (ALREHAILI; OSMAN, 2019; MEYER; OMDAHL; MAKRANSKY; 2019; DING; BRINKMAN; NEERINCX, 2020). Porém, essas pesquisas avaliaram o nível de retenção do conhecimento através de questionários somente antes e imediatamente depois do treinamento, em alguns casos chegando a avaliar após uma semana no máximo. Dessa forma, como justificativa dessa pesquisa para validar o que foi encontrado na literatura em um contexto brasileiro, agregando uma análise de retenção realizada sessenta dias após a aplicação do treinamento, esta pesquisa experimental realizou a aplicação de um treinamento de segurança do trabalho em funcionários de uma indústria automobilística. Para tanto, foram utilizados os métodos de RV e tradicional, em sala de aula. Os grupos foram divididos em dois: experimental e controle. Os resultados colhidos foram analisados quantitativa e qualitativamente. Além disso, avaliou-se o nível de compreensão do conhecimento a partir de questionários aplicados antes, depois e após o processo, sendo essa última etapa realizada em um intervalo de sessenta dias posteriores ao treinamento. Com isso, pretende-se compreender e confirmar: qual é o nível de aderência ao conteúdo e o envolvimento dos funcionários da indústria com a aplicação do treinamento de segurança do trabalho, comparando-se os métodos de realidade virtual tradicional em sala de aula.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

Avaliar a evolução da retenção do conhecimento no treinamento de segurança do trabalho que foi aplicado em funcionários de uma indústria automobilística em relação aos métodos de realidade virtual e tradicional em sala de aula.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de obter uma ampla exploração no desenvolvimento da pesquisa, acrescentam-se três objetivos secundários, conforme apresentação abaixo.

- Explorar os benefícios e desafios da aplicação da realidade virtual em treinamentos de segurança do trabalho na indústria automobilística;
- Propor melhorias no método de treinamento de segurança do trabalho com realidade virtual na indústria;
- Identificar oportunidades de melhorias em equipamentos, em softwares e no desenvolvimento da tecnologia de realidade virtual para treinamentos;

3 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção se divide em três partes, com base no mapeamento da literatura relacionada ao objetivo de pesquisa. Primeiramente, discute-se os fatores chave na aplicação do treinamento de segurança do trabalho, cujas subseções se dividem em: envolvimento do aprendiz no treinamento, transferência de conteúdo na aprendizagem e novos paradigmas do conhecimento. Em um segundo momento, apresenta-se a aplicação da realidade virtual na aprendizagem humana, na qual se realizou uma revisão sistemática da literatura. Por fim, apresentam-se os benefícios e os desafios da realidade virtual em treinamentos.

3.1 FATORES-CHAVE NO TREINAMENTO DE SEGURANÇA DO TRABALHO

Para garantir o atingimento dos objetivos dos indicadores de segurança do trabalho na organização, é necessário o aumento de conhecimento dos funcionários, através da aplicação de treinamentos. Os fatores-chave que foram encontrados na literatura para atingir esse aumento são explorados nos tópicos “A importância do envolvimento do aprendiz” e “Transferência do conteúdo na aprendizagem”, desta seção. Também exploramos os atuais paradigmas encontrados na literatura.

3.1.1 A importância do envolvimento do aprendiz

O método de comunicação no treinamento de segurança do trabalho pode ser adaptado de acordo com o conteúdo a ser abordado, exigindo-se um maior envolvimento do colaborador com o material apresentado. Segundo Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019), durante o treinamento de segurança do trabalho existe um esforço mental que o colaborador deve exercer para aprender o material.

Um fator importante que afeta o envolvimento do aprendiz é o grau de imersão fornecida na instrução do treinamento (WARBURTON, 2009). No treinamento que utiliza o método em sala de aula com suporte de *PowerPoint*, o grau de imersão pode variar. Por exemplo, não há imersão quando a instrução do treinamento é baseada em textos e teorias, ou quando ocorre uma exposição de vídeos e de sons na sala de aula; sendo considerada alta imersão quando o aprendiz realmente vivencia a situação em questão (MORENO; MAYER, 2002). Dessa forma, pode-se considerar que a aplicação de treinamento de segurança do trabalho em sala de aula com utilização de *PowerPoint*, é considerada baixa

imersão do colaborador. Para alcançar uma alta imersão é necessário acrescentar o processo de vivência de situações para que o colaborador obtenha experiências.

A importância da experiência do colaborador no processo de treinamento de segurança do trabalho garante uma condução segura no seu dia a dia. Pesquisas anteriores enfatizam a importância da experiência, pois avisos na forma de instruções escritas, mesmo quando são informações claras, não são suficientes para garantir uma condução segura (ZEITLIN, 1994). De acordo com Weinstein (1993) a falta de experiência em relação a comportamentos arriscados, muitas vezes resulta em otimismo irreal ao funcionário. Porém, quando o sujeito realiza uma experiência na situação, isso se correlaciona positivamente com o aumento da precisão da percepção de risco e a probabilidade de se mostrar um comportamento preventivo para evitar acidentes de trabalho (WEINSTEN, 1989).

Portanto, a experiência do colaborador em situações de alta imersão pode ser alcançada através de simulações reais ou virtuais. As simulações permitem que o colaborador observe a causa e o efeito, e a aprendizagem é, nesse sentido, baseada na experiência (BANDURA, 2001). A tecnologia de RV com imersão é uma opção para o aumento de envolvimento do aprendiz. Segundo a pesquisa de Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019), a RV pode ser mais eficaz do que o treinamento de segurança do trabalho tradicional em sala de aula, dispondo aquela de evidências claras de um maior senso de presença do colaborador.

O envolvimento do colaborador na metodologia de ensino é um dos fatores-chave para a transferência do conteúdo a ser abordado, a absorção do conhecimento é o que irá resultar no atingimento dos objetivos de indicadores de segurança do trabalho da organização.

3.1.2 Transferência do conteúdo na aprendizagem

O engajamento do aprendiz é um fator importante para que se atinja o objetivo do treinamento, qual seja: a transferência do conhecimento com absorção das regras e instruções de segurança do trabalho. Nessa perspectiva, Holton III (1996) compreende que a transferência de conhecimento depende da motivação para aprender do aprendiz, do projeto de transferência e do ambiente que ocorre do treinamento. Sendo assim, as pesquisas de Balwin e Ford (1988) propuseram um modelo diferente de transferência de

treinamento, que incluem identificar as características do aprendiz no desenho de treinamentos e do ambiente de trabalho.

Outro estudo realizado por Yamnill e McLean (2001) de revisão da literatura, chegou à conclusão de que existem três fatores principais que contribuem para a compreensão da transferência de conteúdos de treinamento: I. vincular o treinamento aos objetivos estratégicos da organização; II. fornecer metas de desempenho, e III. envolver os alunos na construção das ideias de conteúdo do treinamento. Um estudo mais recente de Burke e Hutchins (2007) define o modelo de Baldwin e Ford como sendo o melhor para atingir a transferência do conhecimento no treinamento, com três fatores principais, descritos logo adiante: individual, intervenção e fatores do ambiente de trabalho.

As características individuais do participante afetam de forma ativa a transferência de conteúdo. Segundo a análise de Burke e Hutchins (2007) os fatores individuais fornecem a autoeficácia, a motivação pré-treinamento, a ansiedade, a percepção da utilização, o planejamento da carreira e o compromisso organizacional. Para esses autores, a intervenção do aprendiz durante o treinamento resulta no cumprimento dos objetivos da aprendizagem, da relevância do conteúdo, da inserção de práticas e de *feedback* e de modelagem comportamental com exemplos baseados em erros. Já o ambiente de trabalho também tem um papel importante na transferência de conteúdo, como o apoio da supervisão e de pares, e a oportunidade de atuar como influência chave na transferência. Os autores ainda sugerem encontrar recursos de apoio na tecnologia para ampliar a transferência de conteúdo baseados nesses três fatores principais.

Um estudo recente de Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020) tem levantado novos paradigmas para melhoria do conhecimento durante o processo de aprendizagem como: o cognitivismo e a aprendizagem experiencial através da utilização da RV. Além desses, existem paradigmas que desenvolvem teorias sobre objetivos e resultados educacionais. Cada um desses paradigmas é abordado na próxima seção, tendo em vista suas perspectivas diferentes sobre os objetivos de aprendizagem, de processo motivacional, de desenvolvimento de aprendizagem, de transferência de conhecimento, além da aplicação de tais métodos de ensino. Em seguida, analisa-se a literatura relacionada à RV em treinamentos.

3.1.3 Novos paradigmas do conhecimento

Para compreender os atuais paradigmas da aprendizagem humana, encontraram-se cinco ideais principais em estudos recentes que precisam ser levados em conta no desenvolvimento do treinamento, os quais: behaviorismo; cognitivismo e construtivismo por Schunk (2012); o conectivismo, recentemente incluído por A. Kolb e D. Kolb (2012), e aprendizagem experiencial por Dunaway (2011) e Siemens (2014).

O behaviorismo assume que o conhecimento é um repertório de respostas comportamentais a estímulos ambientais (SHUELL, 1986; SKINNER, 1989). De acordo com esses autores, nesse paradigma, a aprendizagem requer repetição e a motivação é extrínseca, envolvendo reforço positivo e negativo do aprendiz. O professor serve como exemplo da resposta comportamental correta.

Para o paradigma do cognitivismo, a aprendizagem é um processo ativo, construtivo, orientado a objetivos e envolve assimilação ativa e acomodação de novas informações a uma estrutura de conhecimento existente realizado pelo professor (RADIANTI; MAJCHRZAK; FROMM; WOHLGENANNT, 2020). O cognitivismo da aprendizagem é intrínseco e os alunos devem ser capazes de definir seus próprios objetivos e motivar-se para aprender. A aquisição de conhecimento é uma atividade mental que consiste na codificação e na estruturação internas absorvida pelo participante (RADIANTI; MAJCHRZAK; FROMM; WOHLGENANNT, 2020). Como suporte para este paradigma, atualmente temos as mídias digitais com aprendizagem de realidade virtual, que pode fornecer um design de aprendizagem cognitivista (DEDE, 2008).

Nesse sentido, o construtivismo da aprendizagem também é um processo ativo e construtivo. Nele, os alunos atuam como construtores de informações com compreensões da realidade. As novas informações estão vinculadas ao conhecimento prévio de cada aprendiz e, portanto, as representações mentais são subjetivas (FOSNOT, 2013, FOSNOT; PERRY, 1996). Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020) argumenta que o *design* de aprendizagem instrucional deve fornecer um suporte macro e micro para auxiliar os alunos na construção de seu conhecimento e envolvê-los em uma aprendizagem significativa.

De acordo com Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020), as ferramentas de suporte macro incluem casos relacionados a recursos de informação, ferramentas cognitivas, ferramentas de conversação e de colaboração e suporte social ou contextual. Uma estratégia micro faz uso de mídias digitais para os princípios de contiguidade

espacial, de coerência, de modalidade e de redundância para fortalecer o processo de aprendizagem. A aprendizagem baseada na RV se encaixa também nessa aprendizagem construtivista, por meio da compreensão e da construção cognitiva de novas informações vivenciadas com o uso do simulador virtual da tecnologia (LEE; WONG, 2008, SHARMA; AGADA; RUFFIN, 2013).

Por outro lado, o paradigma de aprendizagem experiencial é descrito como um ciclo de estágios experienciais vivenciado pelo aprendiz. Segundo Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020), para testar conceitos em novas situações, os sujeitos partem da experiência concreta, da observação, da reflexão e da conceituação abstrata. Por exemplo, a aprendizagem deve ser extraída da experiência pessoal do participante. O professor assume o papel de facilitador para motivar os alunos a abordar as várias fases do ciclo de aprendizagem (KOLB; KOLB, 2012).

Além disso, o conectivismo leva em consideração a era digital ao assumir que as pessoas processam informações formando conexões. Esse paradigma, introduzido recentemente, sugere que as pessoas não param de aprender depois de concluírem sua educação formal. Eles continuam procurando obter conhecimento fora dos canais tradicionais de educação, como habilidades de trabalho, *networking*, experiência e acesso à informação, fazendo uso de novas ferramentas de tecnologia, até mesmo utilizando recursos com ambiente virtuais de jogos interativos (SIEMENS, 2014).

Além dos paradigmas principais citados nesta pesquisa, existem outras teorias que desenvolvem paradigmas com base no processamento da informação e na teoria social cognitiva. Independentemente das teorias de aprendizagem, identificou-se que estes paradigmas podem ser utilizados por pesquisadores de RV, com o objetivo de unir o desenvolvimento de aplicativos de RV ao ensino. A maioria das teorias de aprendizagem oferecem diretrizes sobre a motivação, o envolvimento e a absorção do conhecimento pelo aprendiz, através da prática de simulação virtual da RV.

Na próxima seção aborda-se a efetividade da aplicação da tecnologia de RV como método de ensino para o aumento do conhecimento das organizações.

3.2 REALIDADE VIRTUAL NA APRENDIZAGEM HUMANA

Uma das abordagens de simulação mais proeminentes e envolventes atualmente no aprendizado humano é baseada em Realidade virtual (RV). Os sistemas de RV, definidos como um meio de comunicação que requer imersão física, proporcionam

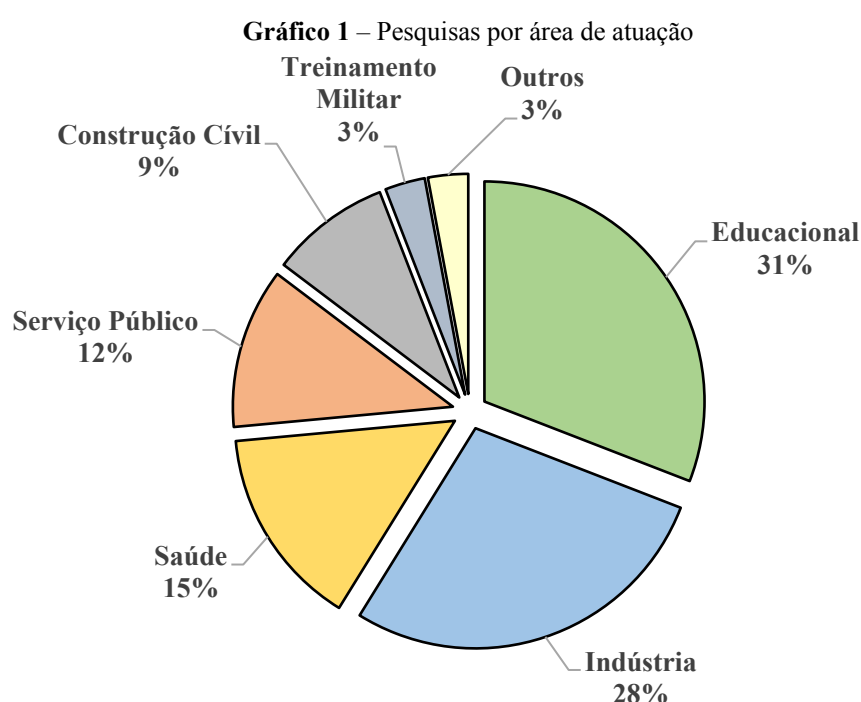
estimulação sensorial sintética, fazem imergir mentalmente o usuário e são interativos, com níveis de imersão baixos ou parciais, têm sido amplamente utilizados para treinamento de profissionais (MENIN; TORCHELSEN; NEDEL, 2018). Uma sessão de simulação típica, na qual o usuário usa um *head-mounted display* (HMD) e anda usando um controlador de jogo, pode trazer um futuro em que as pessoas treinam e aprendem usando RV imersiva ou RVI. (NEDEL et al. 2016). Assim, de acordo com Muhanna (2015), os sistemas de RV apontam para uma taxonomia com três níveis de imersão: baixo, parcial e completo. O nível mais baixo de imersão está em sistemas virtuais básicos, como sistemas baseados em *joysticks*, computadores e monitores. Os sistemas parcialmente imersivos usam um único projetor para exibir um mundo virtual em uma tela grande. Os sistemas totalmente imersivos fornecem cenas virtuais 3D em um grande campo de visão. Os sistemas de baixa e parcial imersão também são utilizados na aplicação em treinamentos, são também conhecidos como treinamento em ambiente virtual ou TAV (JOU; WANG, 2013).

No entanto, encontrou-se outro tipo de tecnologia que também é utilizada para treinamento, que é a realidade aumentada (RA). A RA tem sido definida como uma sobreposição de informações ou objetos virtuais no mundo real, permitindo uma realidade na qual os objetos virtuais parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real (AZUMA, 1997). A realidade aumentada requer um gatilho para ativar um aumento (uma sobreposição de materiais 3D). Os gatilhos foram definidos usando-se os termos AR “baseado em marcadores”, “sem marcadores”, “baseados em imagens”, “posicional” e “local” (CHEN; TSAI, 2012, DI SERIO; IBÁÑEZ; KLOOS, 2013; FURIÓ; JUAN; SEGUÍ; VIVÓ, 2015).

Como suporte à revisão de literatura desta pesquisa, verificou-se estudos sobre a aplicação da tecnologia de realidade virtual na aprendizagem humana, utilizando uma revisão sistemática de literatura (RSL) (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Para realizar essa revisão, definiram-se quatro palavras-chave em inglês e buscou-se nas principais bases de consulta (Google Acadêmico, Science Direct, Springer, Emerald e Taylor & Francis). Nessa etapa encontraram-se 247 pesquisas, utilizando como critérios de inclusão: artigos em inglês, revistas científicas em “*Peer Reviewed*”, buscas sem limite temporal e palavras chaves que deveriam constar no título ou resumo. Após houve a aplicação de critérios de exclusão como: livros, capítulos de livros, artigos de conferência, jornais, revistas, relatórios e também as chamadas literaturas não acadêmicas, ou “*Grey*

literature”. Segundo Alberani, Pietrangeli e Mazza (1990), essas são publicações não-convencionais, evasivas e, às vezes, efêmeras. Dessa forma, identificaram-se 68 estudos relacionados, os quais são apresentados a seguir.

Como resultado da RSL, observou-se como relevante a aplicação da RV em treinamentos por área de atuação, definição que é importante para identificar principalmente pesquisas focadas na indústria, sendo possível realizar uma comparação entre metodologias e resultados de experimentos a essa pesquisa. Assim, separaram-se os artigos por área, são elas: educacional, industrial, da saúde, do serviço público, da construção civil, do treinamento militar e de outras, conforme o Gráfico 1.



Fonte: o autor (2022).

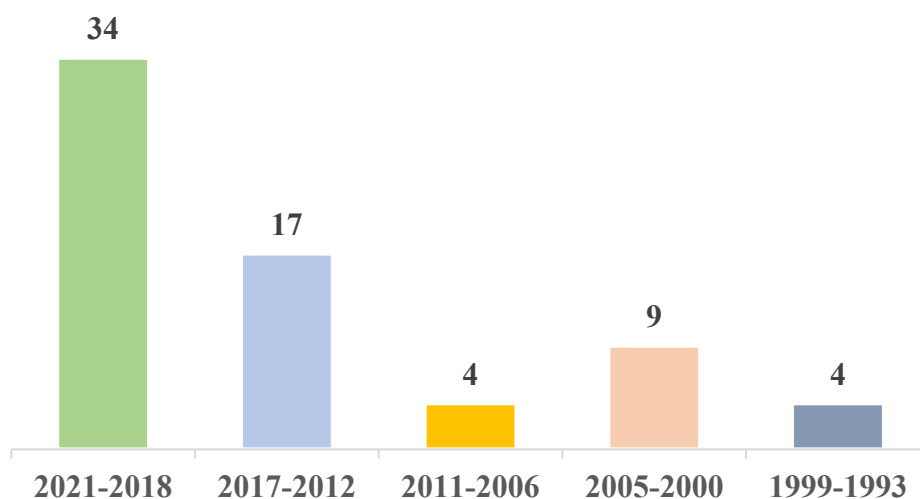
É possível perceber uma maior porcentagem de pesquisa relacionada à área educacional. Há uma ampla exploração da RV como novo método de aprendizagem em escolas e universidades, com objetivo melhorar a transferência do conhecimento de professores para alunos. Por exemplo, o estudo de caso de Cooper, Park, Nasr, Thong e Johnson (2019) realizado em Melbourne, Austrália, pesquisou, com 41 educadores, sobre a utilização de RV em sala de aula e 96,97% responderam que estariam dispostos a utilizar esse método de ensino, principalmente pelo potencial no envolvimento dos participantes. Em outro estudo, de Chandrasiri (2019), foi examinada a eficácia da RV na facilitação da atenção plena, com a hipótese levantada de que uma intervenção breve na atenção

integrada à RV elevaria a atenção plena e motivação do aprendiz, em comparação com a prática convencional de ensino.

Ainda na área educacional, os dois primeiros estudos de Winn (1993) e Kozak *et al.* (1993) foram publicados nesse mesmo ano, e avaliam a tecnologia de RV como um novo método de ensino na área da educação. No estudo de Winn (1993) analisa-se o valor potencial da tecnologia e se levanta uma base de seu desenvolvimento de acordo com a teoria cognitiva da aprendizagem humana. O estudo de Kozak *et al.* (1993), realizou um experimento que comparou o resultado do treinamento em realidade virtual com o treinamento simulado no mundo real, avaliando-se o grau de aprendizado em uma mesma tarefa.

Além disso, observou-se como relevante a quantidade de publicações em anos sobre a aplicação da RV em treinamentos, números agrupados no gráfico abaixo.

Gráfico 2 – Pesquisas em anos



Fonte: o autor (2022).

O segundo maior resultado percentual de pesquisas se refere àquelas realizadas na indústria. Houve um forte crescimento em volume de publicações após o ano de 2012, quando as publicações praticamente dobraram ano após ano, havendo um aumento expressivo no ano de 2019, com 22 artigos publicados. Uma evidência dessa evolução é a expansão do tema de RV na nova revolução industrial, chamada indústria 4.0, com capitalização e expansão para outras áreas, como pode-se observar nos estudos de Lawson, Salanitri e Waterfield (2016), Roldán, Crespo, Martín-Barrio, Peña-Tapia e Barrientos (2019) e Shamsuzzoha, Toshev, Tuan, Kankaanpaa e Helo (2019).

Além disso, muitas indústrias iniciaram a aplicação da RV em combinação com outras tecnologias emergentes. Um exemplo é o estudo de Matsas, Vosniakos (2017), em que eles investigaram a experiência e o comportamento dos usuários em decorrência da aplicação da realidade virtual, simulando postos de trabalho com robôs colaborativos. Este é um exemplo de estudo de caso. Foi encontrada, também, uma quantidade considerável de pesquisas na indústria, com utilização da RV para o ensino a funcionários de manutenção de equipamentos, como as pesquisas de Li, Khoo e Tor (2003), Perez-Ramirez, Arroyo-Figueroa e Ayala (2019) e Shamsuzzoha, Toshev, Tuan, Kankaanpaa e Helo (2019).

Destaca-se, ainda, o estudo de Perez-Ramirez, Arroyo-Figueroa e Ayala (2019) sobre a aplicação de treinamento de segurança do trabalho com RV, realizada no México, em uma empresa que desenvolveu e implantou um ambiente virtual simulado com o objetivo de melhorar as habilidades dos operadores e de minimizar os riscos de segurança ao se operar redes de distribuição de energia. Nesse estudo, a simulação virtual permitiu uma redução substancial das taxas de acidentes durante a manutenção em linhas, em 2011 foram 61 acidentes, baixando, em 2013, para 25.

Ao se acompanhar as novas demandas das diferentes áreas de atuação, percebe-se uma evolução tecnológica após o ano de 2012, principalmente no que se refere a *software* e a *hardware* de RV. Tais melhorias facilitam os ganhos na retenção, na absorção do conteúdo e na diminuição do tempo de treinamento. No processo de aprendizagem humana, a tecnologia inicialmente foi desenvolvida para a área militar (HARMON; KENNEY, 1994), em seguida, foi transferida para a área educacional (MORENO; MAYER, 2002) e enfim, para a indústria (RUBIO; SANZ; SEBASTIÁN, 2005). A maior parte dos treinamentos na indústria utilizam a RV como simulador de eventos que implicam em riscos à segurança ao funcionário. Essa evolução precisou se adaptar para atender às expectativas motoras e sensoriais do ser humano, dependendo da área de atuação. Por fim, assim como em todo método de treinamento, existem pontos positivos e negativos em tal uso, através da revisão da literatura realizada nesse estudo apresenta-se, na próxima seção, os benefícios e os desafios da aplicação da realidade virtual encontrados e separados entre os 68 artigos definidos.

3.3 OS BENEFÍCIOS E OS DESAFIOS DA REALIDADE VIRTUAL

Em geral, a tecnologia de RV está em ascensão na área educacional e na indústria. Identificou-se que esse fator ocorre devido aos resultados obtidos com maior eficácia e eficiência no treinamento virtual. Outro fator preponderante é a relação da RV com os jogos interativos, trazendo entretenimento no momento do aprendizado (FOKIDES; TSOLAKIDI, 2008).

A importância de se encontrarem os benefícios da aplicação de RV em treinamentos ajuda a entender e a aprofundar o conhecimento para atingir o objetivo desta pesquisa, além de correlacioná-los com os resultados obtidos no experimento realizado. A seguir, apresentam-se os benefícios do uso da RV em treinamentos (QUADRO 1) e os maiores desafios que limitam uma maior expansão (QUADRO 2). Esses quadros de benefícios e desafios foram ordenados conforme a maior quantidade de citações.

Quadro 1 - Benefícios do uso da realidade virtual em treinamentos

Benefícios	Fontes
Maior eficácia e eficiência com treinamento virtual	Harmon, Kenney (1994); Duffy e Salvendy (2000); Rose et al. (2000); Stone (2001); Wallen e Mulloy (2006); Hou e Wang (2013); Djukic <i>et al.</i> (2013); Jou e Wang (2013); Sacks, Perlman e Barak (2013); Burden <i>et al.</i> (2013); Webel, Bockholt, Engelke, Gavish, Olbrich e Preusche (2013); Gavish et al. (2015); Lackey <i>et al.</i> (2016); Gorecky, Khamis e Mura (2017); Carreira, Castelo, Gomes, Ferreira, Ribeiro e Costa (2018); Patle et al. (2018); Cooper, Park, Nasr, Thong e Johnson (2019); Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019); Khandelwal e Upadhyay (2019); Perez-Ramirez et al. (2019); Abidi (2019); Trahan, Smith e Talbot (2019); Meyer, Omdahl e Makransky (2019); Ding, Brinkman e Neerincx (2020); Howard e Gutworth (2020); Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).
Aumento da retenção do conteúdo	Harmon, Kenney (1994); Stone (2001); Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002); Manca; Brambilla e Colombo (2013); Hou e Wang (2013); Sacks, Perlman e Barak (2013); Farra, Miller e Hodgson (2015); Lawson, Salanitri e Waterfield (2016); Matsas e Vosniakos (2017); Li, Khoo, Tor (2018); Patle et al. (2018); Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019); Wolfartsberger (2019); Çakiroğlu, Gökoğlu (2019); Shi, Du, Ahn e Ragan (2019); Roldán, Crespo, Martín-Barrio, Peña-Tapia e Barrientos (2019); Perez-Ramirez et al. (2019); Alrehaili e Osman (2019); Meyer, Omdahl e Makransky (2019); Howard, Gutworth (2020); Pedram, Palmisano, Skarbez, Perez e Farrelly (2020).
Ambiente seguro e controlado para treinamento de alto risco	Harmon, Kenney (1994); Wilson (1999); Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002); Kwon et al. (2006); Fokides e Tsolakidi (2008); Manca, Brambilla, Colombo (2013); Bertram, Moskaliuk e Cress (2015); Farra, Miller e Hodgson (2015); Berg, Vance (2017); Lu e Davis (2018); Wang et al. (2018); Patle et al. (2018); Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019); Pérez, Diez, Usamentiaga e García (2019);

	Çakiroğlu e Gökoğlu (2019); Shi, Du, Ahn e Ragan (2019); Baxter e Hainey (2019); Malik, Masood e Bilberg (2019).
Maior envolvimento do aprendiz no treinamento virtual	Harmon e Kenney (1994); Moreno, Mayer (2002); Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002); Fokides e Tsolakidi (2008); Winn (2013); Gorecky, Khamis e Mura (2017); Matsas e Vosniakos (2017); Carreira, Castelo, Gomes, Ferreira, Ribeiro e Costa (2018); Lu e Davis (2018); Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019); Çakiroğlu e Gökoğlu (2019); Shi, Du, Ahn e Ragan (2019); Cooper, Park, Nasr, Thong e Johnson (2019); Chandrasiri (2020); Baxter e Hainey (2019); Pedram, Palmisano, Skarbez, Perez e Farrelly (2020); Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).
Menor tempo de treinamento com estrutura reutilizável	Harmon e Kenney (1994); Stone (2001); Li et al. (2003); Rubio, Sanz e Sebastián (2005); Hu, Ma, Zhang, Salvendy, Chablat e Bennis (2011); Webel, Bockholt, Engelke, Gavish, Olbrich e Preusche (2013); Bertram, Moskaliuk e Cress (2015); Vaughan, Gabrys e Dubey (2016); Lawson, Salantri e Waterfield (2016); Carreira, Castelo, Gomes, Ferreira, Ribeiro e Costa (2018); Pérez, Diez, Usamentiaga e García (2019); Wolfartsberger (2019); Malik, Masood e Bilberg (2019); Shamsuzzoha, Toshev, Tuan, Kankaanpaa e Helo (2019).
Aumento da satisfação e motivação do aprendiz	Wilson (1999); Wallen e Mulloy (2006); Fokides e Tsolakidi (2008); Burden et al. (2013); Bertram, Moskaliuk e Cress (2015); Matsas e Vosniakos (2017); Hettig, Engelhardt, Hansen e Mistelbauer (2018); Çakiroğlu e Gökoğlu (2019); Roldán, Crespo, Martín-Barrio, Peña-Tapia e Barrientos (2019); Baxter e Hainey (2019); Alrehaili e Osman (2019); Ding, Brinkman e Neerincx (2020).
Melhoria dos potenciais ergonômicos em ambientes industriais	Harmon e Kenney (1994); Hu, Ma, Zhang, Salvendy, Chablat e Bennis (2011); Lawson, Salantri e Waterfield (2016); Wolfartsberger (2019); De Rooij et al. (2019).
Análise comportamental	Manca, Brambilla e Colombo (2013); Burden et al. (2013); Malik, Masood e Bilberg (2019); Shi, Du, Ahn e Ragan (2019); Roldán, Crespo, Martín-Barrio, Peña-Tapia e Barrientos (2019).
Aumento da percepção de risco em treinamento de segurança do trabalho	Lu e Davis (2018); Dhalmahapatra; Das e Maiti (2020); Pedram, Palmisano, Skarbez, Perez e Farrelly (2020).
Melhor resultado como treinamento complementar ao teórico	Feng, González, Amor, Lovreglio e Cabrera-Guerrero (2018); Baxter e Hainey (2019); Maas e Hugles (2020).
Alta usabilidade na utilização do equipamento	Pedram, Palmisano, Skarbez, Perez e Farrelly (2020).

Fonte: o autor (2022).

O principal benefício encontrado no uso da tecnologia de realidade virtual em treinamento é “maior eficácia e eficiência”, quando comparado ao método convencional de treinamento em sala de aula. Um exemplo é o estudo de Stone (2001), em que o treinamento no qual os aprendizes usaram RV, em um período de dois dias, foi 20% mais eficiente do que o treinamento convencional. Outro exemplo é o estudo de Leder, Horlitz,

Puschmann, Wittstock e Schütz (2019), que demonstra como a RV pode ser mais eficaz do que o treinamento de segurança do trabalho tradicional.

Também observaram-se três benefícios relacionados entre si: “aumento da retenção do conteúdo”, “maior envolvimento” e “aumento da satisfação e motivação” em relação ao aprendiz. Nos estudos que citaram esses benefícios, identificados no Quadro 1, encontrou-se melhores resultados no método de tecnologia de realidade virtual, quando comparados com o método tradicional em sala de aula. Em seus estudos, Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002), Fokides e Tsolakidi (2008), Matsas e Vosniakos (2017), Wolfartsberger (2019) e Ding, Brinkman e Neerincx (2020) identificaram na coleta de dados que o processo de interação, envolvimento e satisfação do participante com a tecnologia de RV é comparável com jogar videogames e simuladores reais. Além disso, Alrehaili e Osman (2019) mostram que os usuários de RV imersivo e de *desktop* eram mais motivados e engajados em comparação com o do método convencional.

Em terceiro lugar de maior citação, o benefício está relacionado aos riscos envolvidos para os participantes dos treinamentos de segurança do trabalho, com “ambiente seguro e controlado”, principalmente com relação a treinamentos de brigada de incêndios, nos quais são simulados casos reais. (WILSON, 1999; BERTRAM; MOSKALIUK; CRESS, 2015; PÉREZ; DIEZ; USAMENTIAGA; GARCÍA, 2019).

O “menor tempo de treinamento” é um benefício relacionado em utilizar RV como uma estrutura reutilizável e tem relação com o benefício de “melhor resultado como treinamento complementar teórico”, e refere-se ao fato de a RV ser um recurso produtivo para as organizações. Ela pode trazer redução de custos, conforme os autores Rubio, Sanz e Sebastián (2005), Vaughan, Gabrys e Dubey (2016) e Shamsuzzoha, Toshev, Tuan, Kankaanpaa e Helo (2019).

A “melhoria dos potenciais ergonômicos em ambientes industriais” tem relação com desenvolvimento de novos produtos em projetos, utilizando-se RV para a identificação antecipada de problemas ergonômicos em produtos. Nos estágios iniciais de projetos, pode trazer ganhos financeiros para a organização (HU; MA; ZHANG; SALVENDY; CHABLAT; BENNIS, 2011).

Por fim, os benefícios de “análise comportamental”, “aumento da percepção de risco”, e “alta usabilidade dos equipamentos de RV” tiveram poucas citações. A utilização da RV como ferramenta para análise comportamental dos participantes, com a simulação

dos riscos de acidentes de trabalho, aumenta a sua percepção de riscos de acidentes, ajudando na redução dos indicadores de acidentes da organização. (MALIK; MASSOD; BILBERG, 2020; DHALMAHAPATRA; DAS; MAITI, 2020). A alta usabilidade dos equipamentos, também um ponto positivo, define o grau de facilidade na utilização da tecnologia de RV, que por sua vez reflete na realização da tarefa necessária no ambiente virtual (PEDRAM; PALMISANO; SKARBEZ; PEREZ; FARRELLY, 2020).

Ao se analisar os benefícios relacionados da utilização da realidade virtual como método de aprendizagem, confirmou-se que os aprendizes que participaram dos estudos tiveram uma mudança de comportamento, demonstrando atenção e motivação durante o treinamento (ALREHAILI; OSMAN, 2019, DING; BRINKMAN; NEERINCX, 2020). Esse benefício resulta em uma maior absorção do conteúdo. (LEDER; HORLITZ; PUSCHMANN; WITTSTOCK; SCHÜTZ, 2019; WOLFARTSBERGER, 2019; HOWARD; GUTWORTH 2020).

Em seguida, apresentam-se os desafios comuns que a tecnologia de RV terá de superar. A importância de se conhecer esses elementos é reconhecê-los com maior facilidade ao se realizar a coleta de dados desta pesquisa. Ademais, discute-se melhorias para futuros projetos e pesquisas de desenvolvimento de RV na aprendizagem humana. Abaixo os desafios relacionados no Quadro 2, do mais citado ao menos citado.

Quadro 2 – Desafios do uso da realidade virtual em treinamentos

Desafios	Fontes
Baixa ou nenhuma eficácia no método virtual	Seymour et al. (2002); Moreno e Mayer (2002); Kozak et al. (2003); Bertram, Moskaliuk e Cress (2015); Gavish et al. (2015); Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019); Wolfartsberger (2019); Cooper, Park, Nasr, Thong e Johnson (2019); Chandrasiri (2020); Alrehaili e Osman (2019); De Rooij et al. (2019); Baxter e Hainey (2019); Kaplan et al. (2021).
Sobrecarga cognitiva na utilização do equipamento	Rose et al. (2010); Lawson, Salanitri e Waterfield (2016); Lackey et al. (2016); Lu e Davis (2018); Baxter e Hainey (2019); Christofi et al. (2019); De Rooij et al. (2019).
Baixa usabilidade na utilização do equipamento	Harmon e Kenney (1994); Wilson (1999); Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002). (2002); Hu, Ma, Zhang, Salvendy, Chablat e Bennis (2011); Feng, González, Amor, Lovreglio e Cabrera-Guerrero (2018); Hettig, Engelhardt, Hansen e Mistelbauer (2018); Trahan, Smith e Talbot (2019); Wolfartsberger (2019).
Utilizar como complemento ao treinamento teórico	Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002); Burden et al. (2013); Gavish et al. (2015); Wolfartsberger (2019); Çakiroğlu e Gökoğlu (2019); Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).

Elevado investimento em equipamentos e <i>software</i>	Harmon e Kenney (1994); Lawson, Salanitri e Waterfield (2016); Cooper, Park, Nasr, Thong e Johnson (2019); Maas e Hugles (2020); Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).
Ambiente virtual não simula o ambiente real	Harmon e Kenney (1994); Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002); Fokides e Tsolakidi (2008); Lawson, Salanitri e Waterfield (2016); Çakiroğlu e Gökoğlu (2019).
Método de treinamento com baixa flexibilidade	Patle et al. (2018); Pérez, Diez, Usamentiaga e García (2019); Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).
Falta pesquisa com profundidade na área emocional	Schuemie, Straaten, Krijn e Mast (2001); Bertram, Moskaliuk e Cress (2015); Trahan, Smith e Talbot (2019).
Alta competência técnica para desenvolvimento <i>software</i> e tecnologia	Harmon e Kenney (1994); Malik; Masood e Bilberg (2019).
Baixa Comunicação entre os participantes	Wolfartsberger (2019).

Fonte: o autor (2022).

O principal desafio encontrado foi a “baixa ou nenhuma eficácia do treinamento de realidade virtual” em comparação com o método tradicional. Em alguns casos, o treinamento tradicional trouxe melhores resultados de aprendizagem do que o treinamento virtual. Um exemplo disso foi o estudo de Bertram, Moskaliuk e Cress (2015), no qual se aplicou o treinamento em um ambiente virtual a fim de preparar a equipe da polícia para tarefas complexas de colaboração. Nesse caso, houve uma maior satisfação dos participantes em realizar o treinamento tradicional.

O segundo desafio encontrado foi a “sobrecarga cognitiva na utilização do equipamento de realidade virtual”. Os óculos de RV, principalmente, podem acarretar excesso de carga cognitiva, e, por consequência, o usuário pode ficar com mal-estar, causando a chamada doença cibernética (LAWSON; SALANITRI; WATERFIELD, 2016; LU; DAVIS, 2018). A definição de doença cibernética, de acordo com De França (2003), engloba os efeitos adversos resultantes da exposição à realidade virtual, tais como: enjoo, distúrbios visuais, problemas com a coordenação motora e problemas de equilíbrio, tontura e fadiga.

A “baixa usabilidade dos equipamentos de realidade virtual” também é um desafio, os usuários têm dificuldade para utilizar equipamentos como controles remotos e óculos, e perdem o senso de localização, precisando de uma pessoa experiente para ajudar em um primeiro momento, até que haja uma adaptação. Essa barreira é citada pelos autores Hettig, Engelhardt, Hansen e Mistelbauer (2018), Trahan, Smith e Talbot (2019) e Hu, Ma, Zhang, Salvendy, Chablat e Bennis (2011), sendo que estes últimos mencionam

que os indivíduos experimentaram mais desconforto e se cansaram mais rapidamente com o equipamento de RV. Em vista do fato de que se levantou que a “tecnologia de realidade virtual ser considerada um complemento ao treinamento”, os autores recomendam unir o método de realidade virtual com o método de aplicação teórica. Conforme Wolfartsberger (2019), o método com RV é uma adição útil, e não uma substituição ao sistema de aprendizado tradicional.

Analisou-se dois desafios relacionados entre si: o “elevado investimento com equipamentos e o “desenvolvimento de software”. Apesar da evolução tecnológica e da redução dos valores, utilizar a RV ainda não é financeiramente viável para todas as organizações (LAWSON; SALANITRI; WATERFIELD, 2016). O alto investimento está relacionado à competência técnica necessária para o desenvolvimento de *software*, visto que a mão de obra especializada ainda é escassa. Os custos de equipamento e de *software* ainda são elevados. Mesmo que exista uma tendência geral de redução dos custos da RV, há certos tipos de tecnologia que ainda não são acessíveis para a maioria das empresas (DEUTSCH; BORBELY; FILLER; HUHN; GUARRERA-BOWLBY, 2008).

Por fim, há os desafios do “ambiente virtual não simular com exatidão o ambiente real”, “falta de pesquisa com profundidade na área emocional”, “método de treinamento com baixa flexibilidade” e “baixa comunicação entre os participantes”. Com relação a esses, encontrou-se poucas citações, os desafios, as barreiras de RV precisam ser derrubados para transformar o ambiente virtual no realismo do ambiente real (FOKIDES; TSO-LAKIDI, 2008). Os fabricantes e os desenvolvedores de RV têm trabalhado para melhorar o design de gráficos e de equipamentos de hardware para alcançar essa perfeição.

A profundidade de pesquisas na área emocional é um desafio, podendo ser explorada em pesquisas futuras. Existem poucas evidências conclusivas sobre a relação entre senso de presença, como respostas emocionais a estímulos virtuais (SCHUEMIE; STRATEN; KRIJN; MAST, 2001). Quanto ao “método de treinamento com baixa flexibilidade”, esse desafio está relacionado ao alto investimento necessário para se alterar ou se atualizar os ambientes virtuais, quando é preciso qualquer adaptação ou mudança. Segundo Pérez, Diez, Usamentiaga e García (2019), a desvantagem é que essa solução requer a criação do ambiente imersivo em cada caso particular, portanto, não é um aplicativo padrão ou “*plug and play*”. Uma barreira com apenas uma citação, o “baixo nível de comunicação entre os participantes”, se deve ao fato de muitos equipamentos de RV por

imersão serem utilizados individualmente, tornando a comunicação entre os participantes quase nula (WOLFARTSBERGER, 2019).

Neste capítulo apresentou-se um mapeamento da literatura em relação aos dois métodos de treinamento de segurança do trabalho para a indústria, tradicional e RV. Para suportar o objetivo desta pesquisa, também identificou-se a importância do envolvimento do participante no processo de aprendizagem, facilitando a transferência do conhecimento com o objetivo de aumentar a absorção do conteúdo por parte do aprendiz. Além disso, observaram-se os atuais paradigmas que mencionam as mídias tecnológicas, nas quais está inserida a RV para melhorar o processo de desenvolvimento dos funcionários da indústria. Por fim, realizou-se uma revisão sistemática da literatura sobre uso da RV em treinamentos e levantamos os benefícios e desafios dessa tecnologia. Esse levantamento é importante para correlacionar com e aprofundar os resultados encontrados no experimento. No próximo capítulo, apresentam-se os procedimentos metodológicos utilizados para alcançar os resultados desta pesquisa.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nessa etapa da pesquisa apresentam-se os procedimentos que foram construídos para se chegar aos resultados e os métodos utilizados na investigação para alcançar o objetivo da pesquisa. De acordo com Rampazzo (2005), a metodologia vem do grego *methodos + logos* que significa: “estudos dos métodos”, o método é um conjunto de etapas, ordenadamente dispostas, a serem vencidas na investigação de verdade, no estudo de uma ciência, ou para alcançar determinado fim. No quadro abaixo, apresenta-se a estrutura dos procedimentos metodológicos e o método por experimento realizado nessa pesquisa.

Quadro 3 – Estrutura dos procedimentos metodológicos

N.	Etapas	Descrição
4.1	Plano da Pesquisa	4.1.1. Pesquisa Quantitativa e Qualitativa
		4.1.2. Método: Experimento
4.2	Grupos da Pesquisa	4.2.1. Grupo Experimental: Treinamento Realidade Virtual
		4.2.2. Grupo Controle: Treinamento Tradicional
4.3	Etapas da Pesquisa	4.3.1. Etapa 1: Característica da população
		4.3.2. Etapa 2: Características da Amostra
		4.3.3. Etapa 3: Tipo do instrumento de coleta de dados
		4.3.4. Etapa 4: Aplicação do teste piloto
		4.3.5. Etapa 5: Análise e interpretação dos dados
4.4	Cronograma	Cronograma geral da pesquisa

Fonte: o autor (2022).

A estrutura metodológica é para atender ao objetivo desta pesquisa que é avaliar a evolução da retenção do conhecimento ao se realizar um treinamento de segurança do trabalho na indústria, comparando-se os métodos de treinamento da tecnologia RV e do treinamento tradicional em sala de aula.

4.1 PLANO DA PESQUISA

O Plano descrito foi elaborado a partir do que se considerou o melhor encontrado na literatura. Nesse sentido, encontraram-se os seguintes estudos: Salas, Tannenbaum, Kraiger e Smith-Jentsch (2012), Bertram, Moskaliuk e Cress (2015) e Avveduto, Tanca, Lorenzini, Tecchia, Carrozzino e Bergamasco (2017), os quais utilizaram o modelo desenvolvido por Kirkpatrick (1976), que, por sua vez, mede a eficácia de um procedimento de treinamento. Como destaque encontrou-se, no estudo de Li *et al.* (2020), o modelo de

Kirkpatrick, aplicado para analisar os resultados do programa de treinamentos de 35 enfermeiros no setor de cirurgia de emergência durante a COVID-19 (doença do coronavírus-2019), os resultados foram positivos em relação ao nível de reação, satisfação e aprendizagem. Dessa forma, esse modelo foi utilizado nesta pesquisa para avaliar e comparar o grau de retenção de conhecimento dos participantes nos dois modelos de treinamento.

O modelo de Kirkpatrick (1976) propõe quatro níveis a serem avaliados como resultados importantes de um método de treinamento, sendo eles: reações, aprendizado, comportamento e resultados, que detalhamos abaixo:

- A. Nível de reação: avalia o que o participante pensou e sentiu sobre o treinamento e fornece uma medida da satisfação do usuário. Para a verificação desse nível, podem ser utilizados questionários de coleta de dados, entrevistas e pesquisas após a sessão de treinamento.
- B. Nível de aprendizado: mede o aumento de conhecimentos e/ou habilidades. Esse nível pode ser estimado durante a sessão de treinamento através de uma demonstração de conhecimento ou um teste. O teste pode ser um questionário de conhecimentos pré/pós treinamentos e sua comparação.
- C. Nível de comportamento: mede o grau em que os participantes aplicam o que aprenderam durante o treinamento, com mudanças de suas atitudes no trabalho. Essa avaliação pode ser, mas não necessariamente, um reflexo do aprendizado dos participantes. Por exemplo, o fracasso da mudança comportamental pode advir de outras circunstâncias, como a relutância do indivíduo em mudar. A avaliação envolve a medição pré e pós-evento do comportamento do participante.
- D. Nível de resultados: busca determinar os resultados tangíveis do treinamento, como custo reduzido, melhor qualidade e eficiência, aumento da produtividade, retenção de funcionários, aumento de vendas e maior satisfação.

Esse modelo desenvolve um modelo básico amplamente aceito para avaliação nas organizações, e, portanto, pode ser usado como base para comparar avaliações entre métodos de treinamentos, segundo Salas, Tannenbaum, Kraiger e Smith-Jentsch (2012). Além disso, na pesquisa de Bertram, Moskaliuk e Cress (2015), utilizou-se esse modelo para avaliar a eficácia da aplicação de treinamento virtual para a equipe de polícia do departamento federal alemão, com execução de tarefas complexas com medição do nível de conhecimento (aprendizagem), habilidades (transferência do conhecimento) e atitudes

(reação ao treinamento). Essa verificação do treinamento sobre o conhecimento, as habilidades e as atitudes, também foi realizada no estudo de Salas e Cannon (2000).

Porém, foram avaliadas apenas as etapas A e B do modelo de Kirkpatrick (1976) para atender ao objetivo principal desta pesquisa. Tendo em vista que as sessões de treinamentos ocorreram como parte de uma pesquisa experimental, os participantes tiveram um tempo negociado com a organização de saída dos postos de trabalho. Dessa forma, não foram avaliadas as etapas C e D. Ademais, Bertram, Moskaliuk e Cress (2015) recomendam acompanhar a etapa D a longo prazo, não podendo ser avaliada diretamente após uma sessão de treinamento ou como parte de uma pesquisa experimental. A avaliação das etapas A e B também foram identificadas em Avveduto, Tanca, Lorenzini, Tecchia, Carrozzino e Bergamasco (2017), em que se compara a eficácia do treinamento tradicional com o sistema de realidade virtual no treinamento de segurança de empresas produtoras de energia. Por fim, encontrou-se, no estudo de Bertram, Moskaliuk e Cress (2015), a avaliação da reação ao treinamento, do nível da aprendizagem e da transferência de conhecimento.

4.1.1 Pesquisa quantitativa e qualitativa

Para avaliar esses fatores do modelo de Kirkpatrick (1976) foi realizada uma abordagem quantitativa e qualitativa, também chamada de método misto, que foi escolhida para que houvesse a complementação entre os dois métodos, segundo Fonseca (2002), a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e da quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

A pesquisa quantitativa tem como maior preocupação testar os resultados consultados na teoria. Segundo Bryman (1989), em muitos casos a pesquisa quantitativa é muito mais exploratória. Por exemplo, um pesquisador pode estar preocupado em verificar se duas ou mais variáveis são relacionadas, mas não tem expectativas específicas sobre a natureza do relacionamento que provavelmente aquelas variáveis possam exibir, ou um pesquisador pode ter coletado dados e subsequentemente acreditar que esses dados podem ter implicações em um tópico que não foi antecipado.

Na pesquisa quantitativa, segundo Cauchick *et al.* (2010), os métodos de pesquisa mais apropriados são: pesquisa de avaliação (*survey*), modelagem/simulação, experimento e quase-experimento. Este estudo foi realizado através de uma pesquisa por delineamentos quase-experimentos. Segundo Gil (1999), a categoria de pesquisa de

experimento ou quase-experimento consiste na determinação de um objetivo de estudo com variáveis capazes de influenciar na definição das normas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A pesquisa qualitativa que foi realizada nesta pesquisa teve como objetivo completar e aprofundar os resultados da pesquisa quantitativa. A pesquisa qualitativa não tem a finalidade de apresentar resultados, mas um aprofundamento da compreensão de um grupo social ou de uma organização, nessa abordagem os pesquisadores não podem fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa (GOLDENBERG, 1997). Segundo Chizzotti (1991), em uma abordagem qualitativa, o objetivo da amostra é produzir informações aprofundadas e ilustrativas, seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações.

Para os pesquisadores Braun e Clarke (2014), os métodos qualitativos são bastante utilizados no campo da saúde e do bem-estar, porque se adequam a realidades experienciais e interpretativas dos participantes e fornecem ideias ricas e convincentes sobre os mundos, as experiências e as perspectivas reais dos participantes. As características da pesquisa qualitativa são: objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreensão, explicação e precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno (SILVEIRA; CORDOVA, 2009).

Para a pesquisa qualitativa foi utilizado o método de entrevista do tipo semiestruturada, pois, segundo Cervo e Bervian (2002), a entrevista é uma das principais técnicas de coletas de dados e pode ser definida como conversa realizada face a face pelo pesquisador junto ao entrevistado, seguindo um método para se obter informações sobre determinado assunto. De acordo com Triviños (1987), a entrevista semiestruturada parte de questionamentos básicos, suportados em teorias que interessam à pesquisa, cujas respostas dos entrevistados podem fornecer hipóteses novas.

Ambas as abordagens, quantitativas e qualitativas, têm seus pontos fortes e fracos, por isso uma complementa a outra. O quadro a seguir, desenvolvido por Fonseca (2002), apresenta uma comparação de pesquisas qualitativa e quantitativa:

Quadro 4 – Comparação pesquisa qualitativa e quantitativa

Aspecto	Pesquisa Quantitativa	Pesquisa Qualitativa
Enfoque na interpretação do objeto	Menor	Maior
Importância do contexto do objeto pesquisado	Menor	Maior

Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Alcance do estudo no tempo	Instantâneo	Intervalo maior
Quantidade de fontes de dados	Uma	Várias
Ponto de vista do pesquisador	Externo à organização	Interno à organização
Quadro teórico e hipóteses	Definidas rigorosamente	Menos estruturadas

Fonte: Fonseca (2002).

4.1.2 Método: experimento

Para a pesquisa da categoria por experimento foi realizada uma investigação sobre um aspecto a ser estudado. Nesse sentido, conforme Gil (1999), o experimento é considerado o melhor exemplo de pesquisa científica. Segundo Mattar (2001), na investigação manipula-se deliberadamente algum aspecto da realidade e é usada para se obter evidências de relações de causa e efeito. A causalidade pode ser inferida quando houver variação concomitante entre duas ou mais variáveis, estiver correta a ordem de ocorrência das variáveis no tempo e forem eliminados os outros possíveis fatores causais (MATTAR, 2001).

Dessa forma, o experimento pode ser classificado em três classes de delineamentos definidas por Campbell e Stanley (1979), que são: Delineamentos experimentais, Delineamentos quase-experimentais e Delineamentos não experimentais.

Esse estudo é do tipo quase-experimento, visto que a citação de Oliveira (2011) define como delineamentos quase-experimentais a distribuição dos sujeitos pelas condições do estudo; são processos de seleção que ocorrem naturalmente no mundo. Segundo o autor, as pesquisas quase-experimentais reúnem os estudos nos quais pode haver ou não a manipulação direta ou indireta da variável, por exemplo, com pré e pós questionário da variável dependente ou somente com o pós-teste, é o caso da utilização de dois grupos, um experimental e outro de controle.

A pesquisa é do tipo quase-experimental, pois foi estabelecido um grupo de experimento e um grupo de controle para acompanhar e isolar os efeitos variáveis. Este trabalho também contou com a aplicação de pré e pós questionários para ambos os grupos. Com isso conseguiu-se comparar a eficácia da aplicação da tecnologia de realidade virtual aplicado ao treinamento. Segundo Oliveira (2011), nessa classe são incluídas ainda, as pesquisas denominadas *ex-post-facto*, que não envolvem a manipulação direta pelo experimentador, mas nas quais é possível “acompanhar” o efeito de variáveis específicas sobre

a variável dependente em uma amostra de sujeitos. De acordo com Fonseca (2002) a pesquisa *ex-post-facto* é utilizada quando há impossibilidade de aplicação da pesquisa com delineamento experimental, pelo fato de nem sempre ser possível manipular as variáveis necessárias para o estudo da causa e do seu efeito.

O experimento aconteceu com a participação inicial de 60 participantes que foram submetidos à aplicação de treinamentos, sendo 30 participantes para cada modelo: Realidade Virtual e Tradicional, a fim de realizar a comparação, dois grupos foram formados, o treinamento tradicional como Grupo de Controle (GC), e o Grupo Experimental (GE) que foi o grupo que realizou o treinamento com a tecnologia de realidade virtual.

4.2 GRUPOS DA PESQUISA

Esta pesquisa comparou dois modelos de treinamentos de organização, conforme as figuras no Anexo A. Assim para atender a esse objetivo, foi realizada uma experiência com um grupo experimental e com um grupo de controle, a partir do que se compararam os dados obtidos. Segundo Greelane (2019), adaptado de Bailey (2008), o grupo de controle e o grupo experimental são comparados uns com os outros em uma experiência, sendo que a única diferença entre os dois grupos é a variável independente que é alterada no grupo experimental, variável que é mantida constantemente no grupo de controle. De acordo com o *site*, enquanto todas as experiências têm um grupo experimental, nem todos os experimentos exigem um grupo de controle. Nesse sentido, o grupo de controle é extremamente útil quando as condições experimentais são complexas e difíceis de se isolar, levando-se em consideração que os dois grupos têm o mesmo conteúdo abordado, porém com métodos diferentes.

4.2.1 Grupo experimental: Treinamento de segurança do trabalho com RV

O treinamento que utiliza tecnologia com realidade virtual foi o grupo experimental, segundo Bailey (2008), é o grupo que recebe um procedimento experimental ou uma amostra de teste. Esse grupo está exposto à mudança na variável independente a ser testada. Nesse grupo é avaliado se a tecnologia de Realidade virtual tem influência e um treinamento.

O treinamento com RV na empresa estudada simula o posto de trabalho de um operador de um processo de soldagem de carroceria com o objetivo de apresentar os riscos associados, a percepção de riscos e os danos à saúde em não se seguir os procedimentos

da organização. A duração do treinamento com RV é de duas horas, com o instrutor e um aprendiz apenas, devido ao protocolo da pandemia de COVID-19 adotado pela organização. O local do treinamento ficou limitado ao participante e ao instrutor apenas. O treinamento utiliza um método de organização chamado de três etapas (Instrutor faz, Nós fazemos, Você faz). O tempo total que o aprendiz dispõe para utilizar o equipamento é de 60 minutos, o qual se separa em dois ciclos de realização. Em cada ciclo, o participante e o instrutor realizam uma restituição de 10 minutos, para a instrução de conceitos teóricos sobre o conteúdo.

Na primeira etapa, o instrutor explica o funcionamento do equipamento ao aprendiz, além do instrutor realizar as tarefas do simulador virtual, em cerca de 30 minutos. O instrutor auxilia na coordenação motora na utilização do equipamento e explica os três objetivos da simulação, que são: a utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI). Na segunda etapa, o participante é instruído acerca dos princípios de 5'S (Separar, Organizar, Limpar, Padronizar, Disciplina) no posto de trabalho e da correta aplicação da Instrução de Trabalho (IT) da operação. Abaixo, detalhamos as etapas:

1. “*Instrutor faz*”: o aprendiz tem o objetivo de observar o instrutor e de realizar perguntas, conforme avança o primeiro ciclo. O aprendiz acompanha esse primeiro ciclo segundo a mesma visão do instrutor, com auxílio de uma televisão. O instrutor realiza toda a atividade, expondo o conteúdo ao participante. Essa etapa tem a duração média de 30 minutos.
2. “*Nós Fazemos*”: o instrutor executa a simulação em conjunto com o aprendiz, dando importância ao que acontece, observando se este aplica os conceitos do treinamento ou não, como a utilização incorreta dos EPI no posto, que pode provocar cortes nas mãos, mostrando isso na simulação. O Instrutor é auxiliado e orientado também pela televisão. Nessa etapa, com aumento da habilidade do aprendiz em relação ao equipamento, ele executa as atividades do simulador virtual. Essa etapa também dura 30 minutos.
3. “*Você faz com autonomia*”: o aprendiz tem confiança e destreza necessárias e executa a simulação sozinho, com pequenas instruções. Essa etapa pode durar de 20 a 30 minutos.

A instrução do grupo experimental foi realizada em um momento diferente do grupo de controle, sem que os participantes conheçam os modelos de treinamentos entre os grupos para que esta variável não influencie no resultado.

4.2.2 Grupo controle: treinamento tradicional

O grupo de controle realizou o treinamento tradicional em uma sala da organização. Segundo Greelane (2019), essa aplicação diferente tem a finalidade de controlar outros fatores que podem influenciar os resultados de uma experiência. Nesse sentido, nem todos os experimentos incluem um grupo de controle, mas aqueles que têm são chamados de experimentos controlados.

O treinamento tradicional da organização tem esse nome, pois é considerado um modelo mais antigo que está sendo aplicado desde o início da organização, no ano de 1998. Nesse modelo, os aprendizes recebem o treinamento em uma sala, sentam-se em cadeiras enfileiradas, e o instrutor explica o conteúdo com o suporte de um computador e um projetor, utilizando arquivo de *PowerPoint* (PPT) como suporte para o conteúdo.

A duração desse treinamento foi de duas horas, e nele abordaram-se os temas de segurança do trabalho, iniciando-se pela metodologia de 5'S, com enfoque na organização, na limpeza do posto de trabalho, na importância da utilização dos equipamentos de proteção individual para esse processo que são: casquetes, luvas anti-corte, mangotes e protetor facial. Nessa fase da apresentação, houve muitos exemplos e fotos dos acidentes ocorridos de pessoas que não utilizam os equipamentos, com o objetivo de causar impacto e conscientizar os aprendizes. Por último, foram explorados os documentos que são utilizados como instrução de trabalho, que são chamados de Folha de Operação Padrão (FOS) pela empresa. Todos os campos que compõem esses documentos são explicados, além de se ressaltar a importância de sua aplicação e os resultados obtidos em relação à segurança e à qualidade do produto.

A organização tem um instrutor por turno de trabalho. O instrutor é um funcionário com grande experiência no processo, cujo cargo é o de operador sênior. Para ser operador sênior, é necessário ter três anos de experiência como operador de soldagem, no mínimo, além de possuir experiência como operador sênior nas linhas de produção. O instrutor é o mesmo que aplica os dois modelos de treinamentos para o mesmo turno de produção.

Os dois modelos de treinamentos foram desenvolvidos pela organização. Após realização do treinamento, os participantes responderam ao questionário. As etapas da pesquisa, descritas abaixo, objetivam explicar os métodos de coleta de dados, respeitando-se os dois primeiros níveis (Reação e Aprendizado) do modelo de Kirkpatrick.

4.3 ETAPAS DA PESQUISA

A primeira etapa foi realizada a partir da síntese obtida com a pesquisa bibliográfica no método de revisão sistemática, em que se obteve uma base teórica sobre a aplicação de realidade virtual em treinamentos de segurança, que se apresenta no Capítulo 3 desta pesquisa.

Em um segundo momento, aconteceu a pesquisa de levantamento com a coleta de dados que ocorreu no próprio local de trabalho dos operadores em uma área reservada para treinamentos. O levantamento de dados foi feito após a compilação dos resultados das pesquisas respondidas. A essa segunda etapa da pesquisa seguiram as seguintes etapas descritas no quadro abaixo:

Quadro 5 – Etapas de aplicação da Pesquisa

Etapas	Descrição	Objetivo
Etapa 1	População da Pesquisa	Caracterização do local da pesquisa Definição do público e da localização
Etapa 2	Amostra da Pesquisa	Limitação da pesquisa (restrições) Identificação do tamanho da amostra da população estudada.
Etapa 3	Tipo do instrumento da pesquisa (questionário)	Definição do tipo de questionário Atendimento dos objetivos da pesquisa.
Etapa 4	Aplicação teste piloto	Verificação da Qualidade do questionário
Etapa 5	Análise e interpretação dos dados	Dados compilados Análise dos dados

Fonte: o autor (2022).

Para a definição do método de pesquisa, a primeira etapa é identificar onde foi realizada a pesquisa. Na etapa a seguir, demonstramos a localização e, após, o ramo de atividade.

4.3.1 Etapa 1 – Característica da população da pesquisa

O estudo foi realizado em uma indústria do ramo automotivo, com aproximadamente 6.500 funcionários, situada no estado do Paraná, no sul do Brasil. A empresa atua

sob o modelo de manufatura mista, com tendência para o sistema de manufatura e projeto enxuto. O processo fabril é dividido em 4 etapas principais, Estamparia, Soldagem da Carroceria, Pintura e Montagem.

O público estudado foi o do processo de soldagem de carroceria que, atualmente, conta com 980 funcionários de mão de obra direta. O grupo é dividido em 3 turnos de trabalho semanal de segunda a sexta. Nesta pesquisa, foi utilizado um levantamento populacional do tipo ocasional. Segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010), o levantamento populacional pode ser classificado em: contínuo, periódico e ocasional. Conforme o autor, a pesquisa do tipo ocasional é aquela realizada sem a preocupação de continuidade ou periodicidade preestabelecida.

A população desta pesquisa envolve funcionários com mais de um ano de experiência no processo de soldagem, com idade entre 20 e 50 anos, do sexo masculino, com ensino médio completo. A definição acima, de um ano de experiência, se deve à regra interna de segurança do trabalho, a qual preconiza que funcionários com esse período de experiência devem realizar um treinamento de reciclagem. A população é composta somente por pessoas do sexo masculino por conta da predominância desse sexo na linha de produção.

Nos últimos anos, a empresa tem focado em reduzir seus índices de acidentes. O processo com maior risco de acidentes atualmente é o processo de soldagem, em razão da característica do processo, devido às chapas metálicas cortantes e faíscas durante processo de solda. Com isso, realizou-se vários trabalhos e contratou-se uma equipe de segurança para reforçar as campanhas de prevenção de riscos. Um dos projetos implantados nesse departamento foi a tecnologia de realidade virtual para treinamentos de segurança, a partir do que se identificou que as principais causas de acidentes nesse departamento são divididas em três: não utilização de EPI, não aplicação dos princípios 5'S no posto de trabalho e não execução correta da instrução de trabalho.

Esse modelo de treinamento foi comparado com o modelo de treinamento tradicional. Para realizar essa comparação, são apresentadas as características da população e da amostra da pesquisa, visto que, segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010), a definição da amostra objetiva escolher um número suficiente de elementos de uma população, cujo estudo das características permita generalizar suas propriedades para a população de origem, no caso de amostras probabilísticas.

4.3.2 Etapa 2 – Característica da amostra

O plano de amostragem desta pesquisa foi separado em dois momentos: amostragem quantitativa e qualitativa. O plano quantitativo foi desenvolvido e limitado em conjunto com a organização, devido à limitação da quantidade de operadores que podem sair de seus postos de trabalho e ao tempo do cronograma de realização deste estudo, do qual participaram 30 operadores para cada grupo de treinamento, conforme já citado. Dessa forma, o plano de amostra é do tipo não probabilístico. De acordo com Saunders (2016), para a definição da quantidade da amostra, é preciso existir um equilíbrio entre a representatividade do número e o atendimento da proposta da pesquisa.

Cauchick Miguel *et al.* (2010) afirma que a amostragem não probabilística tem sido muito utilizada em vários segmentos, apesar da impossibilidade de se estender os resultados para a população. Esse tipo de amostragem é realizada em pesquisas de mercado, por exemplo, mas geralmente se utiliza em pesquisas farmacêuticas a fim de se testar a eficiência de novas drogas. Para tanto, grupos de voluntários são recrutados para atender a certas especificidades.

Outro fator importante é a limitação do pesquisador e do instrutor que aplica o treinamento. A organização tem um instrutor por turno, o qual realiza os treinamentos técnicos para qualidade e produtividade nesse processo. Nesse sentido, a aplicação dos dois modelos de treinamento em segurança do trabalho foi realizada pelo mesmo instrutor. Por conta disso, a limitação do pesquisador também foi considerada, por ser funcionário, a organização liberou uma carga horária de sua atividade para realizar esta pesquisa. As duas disponibilidades para este estudo foram validadas, conforme o cronograma apresentado abaixo.

O questionário foi aplicado em três etapas: antes, ao final e após 60 dias da aplicação do treinamento. Para cada grupo aplicou-se o treinamento com 30 operadores de mão de obra direta que trabalham no processo de soldagem de veículos, nessa pesquisa utilizou-se uma margem de segurança de cinco operadores.

Nessa pesquisa, em ambos os treinamentos, a escolha dos participantes foi definida pela organização, conforme a necessidade de revisão anual dos procedimentos de segurança do trabalho, de acordo com uma regra interna do departamento de segurança do trabalho. Para o grupo experimental, foi selecionado funcionários que ainda não realizaram o treinamento de segurança do trabalho no método de realidade virtual na organização. Segundo Freitag (2017), a técnica de escolha dos participantes pode ocorrer por

conveniência, com o que o pesquisador de campo seleciona a população que se mostre mais acessível, colaborativa ou disponível para participar do processo.

Conforme o cronograma apresentado abaixo, os participantes foram divididos em seis turmas de cinco operadores por turno e por semana. Essas turmas foram dispostas em três turnos: três turmas no 1º turno, 2 turmas no 2º turno e duas turmas no 3º turno. Essa separação foi definida pela empresa responsável. A fim de não haver interferência entre os grupos, primeiro foi aplicado o treinamento tradicional no grupo de controle, devido à limitação de ser o mesmo instrutor para o ambos os formatos. Logo após a finalização de todas as turmas de treinamento do grupo de controle, realizaram-se as turmas de treinamento do grupo experimental com o mesmo formato de escala.

Tabela 1 – Cronograma de aplicação da coleta de dados quantitativa e acompanhamento

MÊS 2020		OUT.				NOV.					DEZ.				JAN.				FEV.	
SEMANAS		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5
GRUPO CONTROLE TREINAMENTO TRADICIONAL	Antes	5	5	5	5	5	5													
	Logo Após	5	5	5	5	5	5													
	Após 60 dias Prod.										5	5	5	5			5	5		
MÊS 2021		JAN.				FEV.				MAR.				ABR.				MAIO		
SEMANAS		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
GRUPO EXPERIMENTAL REALIDADE VIRTUAL	Antes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
	Logo Após	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
	Após 60 dias Prod.										3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fonte: o autor (2022).

No que se refere à coleta de dados qualitativos, as entrevistas foram executadas conforme o cronograma abaixo, o qual foi organizado em conjunto com a empresa. Por meio de entrevista semiestruturada, a amostra se baseou na entrevista de 15 operadores, a qual foi realizada após 60 dias de produção. Esse número possibilita atingir 50% do público que realizou o treinamento experimental, além de identificar uma saturação de conteúdo durante a entrevista realizada. Segundo Saunders (2016), na definição da quantidade da amostra para a coleta qualitativa, deve haver um equilíbrio entre representatividade do número, a qualidade das entrevistas na coleta de dados.

Quadro 6 – Cronograma de aplicação da coleta de dados qualitativa

2021/MÊS		ABRIL					MAIO		
SEMANAS		13	14	15	16	17	18	19	20
Entrevistas Grupo Expe- rimental Treinamento RV	Após 60 dias Prod.	2	2	2	2	2	2	2	1

Fonte: o autor (2022).

Esse total de público da pesquisa foi validado pela organização. Para isso, realizou-se acordos com validação da hierarquia, com a finalidade de se poder retirar do posto de trabalho os participantes para realizarem os treinamentos. Nesse sentido, Cauchick Miguel et al. (2010) considera dois aspectos importantes: a aleatoriedade da mostra, ou seja, sua capacidade de representar a população e o seu tamanho, considerando os requisitos dos procedimentos estatísticos para a avaliação da qualidade da medição e para a aplicação de teste de hipóteses.

4.3.3 Etapa 3 – Tipo do Instrumento de coleta de dados

Para realizar a coleta de dados desta pesquisa utilizaram-se dois instrumentos, entrevista semiestruturada (qualitativa) e questionários (quantitativo). Segundo Marconi e Lakatos (2007) na entrevista semiestruturada, o entrevistador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada, é uma forma de poder explorar mais amplamente a questão. Já a entrevista baseada em um questionário, conforme Cauchick Miguel *et al.* (2010), é um conjunto de perguntas ordenadas que o participante pode ler e preencher sem a presença do interessado.

Nesta pesquisa, a aplicação das entrevistas semiestruturadas (ANEXO B) teve uma variação de 20 a 30 minutos de duração. Todas as entrevistas foram gravadas para que se pudesse realizar a transcrição organizada em verbetes para a análise dos dados qualitativos. Segundo Laville e Dionne (1999), as entrevistas semiestruturadas podem ser definidas como uma lista de informações que se deseja de cada entrevistado, mas a forma de se perguntar e a ordem em que as questões são feitas variam de acordo com as características de cada entrevistado. Durante o processo da entrevista, é importante seguir algumas orientações, como fazer boas perguntas e interpretar as respostas. Além disso, o entrevistador deve ser um bom ouvinte, não deixando se enganar por ideologias e preconceitos, no sentido de buscar atender ao objetivo inicial da entrevista (LAVILLE; DIONNE, 1999).

Para Cervo e Bervian (2002), a entrevista é uma das principais técnicas de coleta de dados e pode ser definida como uma conversa realizada frente a frente entre o pesquisador e o entrevistado, seguindo um método para se obter informações sobre determinado assunto. Segundo Gil (1999), a entrevista é uma das técnicas de coleta de dados mais utilizadas nas pesquisas sociais. Essa técnica de coleta de dados é recomendada para a obtenção de informações acerca do que as pessoas sabem, acreditam, esperam e desejam, assim como suas razões e explicações para cada resposta.

Quanto ao questionário aplicado durante as entrevistas, dois modelos foram aplicados: um para avaliar o grau de retenção do aprendiz em relação ao conteúdo ministrado anteriormente, ao término do treinamento e após 60 dias de trabalho, e outro questionário para avaliar o nível de satisfação do participante, que se aplicou logo após o término do treinamento. O questionário é um tipo de instrumento mais adequado para avaliar a eficácia de um treinamento. Identificou-se essa técnica no estudo de Avveduto, Tanca, Lorenzini, Tecchia, Carrozzino e Bergamasco (2017), no qual se avaliou a comparação de eficácia de treinamento com RV e treinamento convencional de segurança de empresas produtoras de energia. Houve, ainda, outro estudo que utilizou esse método, comparando o treinamento convencional com a realidade virtual em relação a serviços emergências com a polícia e com o combate a incêndios (BERTRAM; MOSKALIUK; CRESS, 2015). Por fim, Webel, Bockholt, Engelke, Gavish, Olbrich e Preusche (2013) utilizaram o questionário demográfico, aplicando-o nos dois grupos de treinamentos de sua pesquisa.

Segundo Zanella (2011), o questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas descritivas: como perfis socioeconômicos

(renda, idade, escolaridade, profissão e outros), comportamentais (padrões de consumo, de comportamento social, econômico e pessoal) e preferenciais (opinião e avaliação de alguma condição ou circunstância). Outro aspecto importante no questionário é o fato dele ser igual para todos os respondentes. Essa uniformidade está garantida na pergunta e nas respostas (Gil, 2002; RICHARDSON, 2007).

O questionário avaliou o grau de satisfação do aprendiz, utilizando respostas fechadas. Segundo Zanella (2011), o questionário pode ser construído de perguntas com respostas fechadas (dicotômicas, de escolha múltipla e de escala). Kirkpatrick (1976) sugere simplesmente perguntar aos funcionários sobre seu comportamento no treinamento e o uso dessas respostas para avaliar mudanças comportamentais através do treinamento.

Segundo Boyd e Wetfall (1987), e Mattar (1996), existem quatro tipos de questionários: o estruturado não disfarçado, não estruturado não disfarçado, não estruturado, disfarçado e estruturado disfarçado. Para responder o objetivo de grau de retenção do conteúdo foi utilizado o questionário estruturado disfarçado, com questões fechadas sem que o respondente saiba dos objetivos da pesquisa. Nesse sentido, abaixo listamos as vantagens e desvantagens de se trabalhar com as questões fechadas (dicotômicas, tricotômica e múltipla escolha).

Quadro 7 – Perguntas Fechadas: Vantagens e Desvantagens

Vantagens	Fácil preenchimento pelo respondente
	Relativa facilidade de tabulação e análise dos dados
	Pode ser combinado com questão aberta
Desvantagens	Escolha de uma das respostas pelo respondente devido à falta de opção
	Dificuldade de oferecimento de todas as alternativas possíveis (em questões de múltipla escolha)
	Dispêndio de maior tempo de preparação

Fonte: Mattar (1996).

Zanella (2011), aponta, ainda, que, nas perguntas com respostas fechadas, o entrevistado escolhe respostas dentre as opções oferecidas. As perguntas fechadas podem ser conforme os exemplos abaixo, segundo o autor:

- Dicotômicas: sim/não, concordo/discordo, faço/não faço, aprovo/desaprovo, verdadeira/falsa, certo/errado.
- Tricotômicas: sim/não/não sabe, alto/médio/baixo, gosto/gosto mais ou menos/não gosto.

- Escolha múltipla: o respondente escolhe uma alternativa por um número limitado de opções ou por qualquer número de opções de respostas. As alternativas de respostas devem incluir todas as possibilidades de repostas.
- Escala de intervalo: também conhecida por escala de Likert, os números são qualificados e ordenados em unidades constantes de medição: (1) concordo totalmente (2) concordo em parte (3) indeciso (4) discordo em parte (5) discordo totalmente.

Ao final do treinamento, os colaboradores tiveram 15 minutos para responder os dois questionários. A utilização desse modelo de perguntas se deu por três motivos principais: pelo tempo que os operadores tiveram para responder – que foi pouco menos de um minuto para cada pergunta –, esse tempo foi limitado pela organização, em conjunto com o pesquisador; pelo grau de instrução dos participantes – esse modelo é mais simples de entendimento e exige pouco tempo de resposta –, por fim, pela facilidade de tabulação dos dados.

No questionário (ANEXO C), foi avaliado o grau de retenção do participante. As questões iniciais (1 e 2) têm como objetivo a identificação e a localização do aprendiz, a fim de que se aplique os próximos passos, conforme o cronograma; as perguntas 3 e 4 visam verificar a relação entre idade e experiência de empresa com a retenção do conteúdo recebido.

As perguntas de 5 a 8 têm como objetivo identificar se o participante conhece os conceitos básicos do conteúdo recebido, sendo eles um pré-requisito para se responder as próximas perguntas. Essas perguntas foram necessárias para se verificar se os aprendizes tiveram condições de responder às demais perguntas, caso o aprendiz erre algumas dessas perguntas, pode justificar pela falta de conteúdo de algum desses pré-requisito.

A questão 9 foi elaborada com base na escala de Likert, com escala de 1 a 5, sendo 1 mais importante e 5 menos importante, com o objetivo de avaliar se eles identificam que a segurança dos funcionários é importante para a organização. As questões de 10 a 20 foram pensadas segundo o formato dicotômico. Cada questão contou com cinco afirmações, dentre as quais os participantes deveriam eleger entre a resposta correta e incorreta. Esse formato foi utilizado devido ao tempo que o participante teve para responder e a seu grau de instrução e para facilitar e padronizar a interpretação dos dados. Segundo Chagas (2000), a resposta dicotômica é adequada para muitas perguntas que se referem a

fatos, bem como a problemas claros, a respeito dos quais existem opiniões bem cristalizadas. Segundo Mattar (1996), as principais vantagens das questões dicotômicas são:

- Rapidez e facilidade de aplicação, processo e análise;
- Facilidade e rapidez no ato de responder;
- Menor risco de parcialidade do entrevistador;
- Pouca possibilidade de erros;
- Objetividade.

A pergunta 10 tem como objetivo identificar a percepção do aprendiz ao realizar um trabalho seguro em seu posto de trabalho. Nesse sentido, as 3 primeiras afirmações são a base do conteúdo apresentado no treinamento, sendo as respostas corretas. Todavia, as 2 últimas não têm relação nenhuma com o treinamento, então a resposta deve ser incorreta. Dessa forma foi possível analisar se o participante entendeu o objetivo do treinamento.

A questão 11 tem o objetivo de identificar se o aprendiz percebeu a importância de se realizar uma atividade com segurança e se ele reconhece que cuidará de seu colega, conforme apresentado no treinamento. As afirmações corretas são 1, 2 e 4, as afirmações 3 e 5 são incorretas.

Nas questões 12, 17, 18 e 20, foram colocadas situações que podem ocorrer no ambiente de trabalho. Tais questões objetivam identificar se o conhecimento recebido ajudará na melhor tomada de decisão e se pode alterar a percepção dos trabalhadores ao passar do tempo no processo.

O objetivo da questão 13 foi realizar um aprofundamento do conhecimento do aprendiz em relação ao EPI, que é explorado no treinamento. A afirmação 1 é a que o participante deve considerar como correta, já as afirmações de 2 a 5 não apresentam nenhuma relação com o tema, e não foram explorados no treinamento, então devem ser marcadas como incorretas.

O objetivo das questões 14 e 15 é verificar se o participante tem conhecimento do que pode ocorrer caso não utilize os EPI's (Luva Anti-corte e Protetor Facial) no processo. Nos treinamentos, esses dois equipamentos são temas explorados, sendo que podem ser alterados após algum tempo em que se recebeu o treinamento. A afirmação de número 2 é a correta. A questão 16 tem o objetivo de avaliar o conhecimento sobre a aplicação do 5'S no posto de trabalho. A resposta correta é a afirmação 5, as afirmações de 1 a 4 são incorretas. O objetivo da questão 19 é avaliar o conhecimento do aprendiz em relação à

FOS, e se ele considera importante seguir o procedimento durante a execução de seu trabalho. As afirmações 3 e 4 são as corretas.

No questionário (ANEXO D), foi utilizada a opção de perguntas com múltiplas escolhas. Tal modelo foi escolhido por dois motivos principais. Primeiramente, alguns autores sugerem esse tipo de perguntas para atender a esse tipo de pesquisa porque, com ele, se obtém o grau de satisfação do treinamento. Em segundo lugar, considerou-se esse tipo de análise pois a organização tem uma avaliação de satisfação do treinamento; dessa forma, o modelo existente foi adaptado para não fugisse ao padrão da organização, o qual é utilizado pelo instrutor e pelos gestores para um retorno da qualidade do treinamento.

Segundo Chagas (2000), nos casos de múltipla escolha, os respondentes optam por uma das alternativas, ou pré-determinado número permitido de opções. Ao elaborar perguntas de respostas múltiplas, o pesquisador se depara com dois aspectos essenciais: o número de alternativas oferecidas e os vieses de posição. Mattar (1994) aponta que as principais vantagens das questões de múltipla escolha são:

- Facilidade de aplicação, processo e análise;
- Facilidade e rapidez no ato de responder;
- Apresentam pouca possibilidade de erros;
- Diferentemente das dicotômicas, trabalham com diversas alternativas.

As questões de 1 a 8 (ANEXO C), são questões de múltipla escolha e seu objetivo é avaliar o nível de satisfação dentro da escala de Muito Satisfeito, Satisfeito, Insatisfeito e muito insatisfeito. Para atender a esse objetivo, foi utilizado o modelo de perguntas que avalia o nível de reações ao treinamento com resultados motivacionais em 3 perguntas, 1ª Aceitação: *Eu recomendaria aos meus colegas que participassem do treinamento*, 2ª Satisfação: *Estou satisfeito com o treinamento* e 3ª Relevância: *O treinamento teve uma forte conexão com o meu trabalho diário* (BERTRAM; MOSKALIUK; CRESS, 2015, grifo do autor). Em cada questão houve a orientação para o preenchimento das respostas, como “marque um X para cada linha”.

O formato do questionário foi realizado de uma maneira que não se tenha dúvidas na hora do preenchimento e para que não haja respostas anuladas por respostas incorretas. Para isso, foi aplicado um pré-teste.

4.3.4 Etapa 4 – Aplicação questionário teste (Pré-teste)

Foram aplicados dois questionários-teste em dez funcionários da organização, conforme o público da pesquisa, com a finalidade de avaliar possíveis erros de aplicação. Segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010), o questionário deve ser testado antes de ser enviado em definitivo, se possível, por diversas vezes com diferentes tipos de respondentes. Essa prática é denominada teste-piloto e é necessária para calibrar, ajustar e aperfeiçoar as questões quanto à forma e ao conteúdo.

Goode e Hatt (1972) afirmam que nenhuma quantidade de pensamento, não importa quão lógica seja a mente e brilhante a compreensão, pode substituir uma cuidadosa verificação empírica. Nesse sentido, é importante saber como o instrumento de coleta de dados se comporta numa situação real através do pré-teste. Os autores ainda destacam alguns sinais que indicam algo errado com o instrumento de coleta de dados e que deverão ser objeto de alterações por parte do pesquisador após o pré-teste: ausência de ordem nas respostas, respostas "tudo-nada", grande proporção de respostas do tipo "não sei" ou "não compreendo", grande número de qualificações ou comentários adicionais, variação substancial de respostas quando se muda a ordem das questões, alta proporção de respostas recusadas.

Além disso, Chagas (2010), aconselha rever com cuidado cada questão cujas recusas ultrapassem cinco por cento, com relação ao pré-teste. Recomenda-se que seus respondentes devem pertencer à população alvo da pesquisa e ter tempo suficiente para responder a todas as questões. O autor também recomenda, em relação aos elementos funcionais do questionário, que se deve verificar no pré-teste: a clareza e a precisão dos termos utilizados, a necessidade eventual de desmembramento das questões, a forma e a ordem das perguntas, a clareza da introdução, é importante, enfim, se fazer uma reflexão sobre o valor de cada pergunta.

Após a aplicação do teste com capitalização e com correção, iniciou-se a aplicação, conforme Tabela 1, durante a aplicação foi possível realizar uma pré-análise dos dados, assim que disponível.

4.3.5 Etapa 5 – Análise e interpretação dos dados

A análise e a interpretação dos dados qualitativos e quantitativos foram realizadas após sua disponibilidade. Os dados qualitativos foram observados por meio da análise de

conteúdo temática de Braun e Clarke (2006), seguindo as seis etapas: familiarizar-se com os dados, identificar os códigos iniciais, procurar os temas, revisar os temas, definir o nome dos temas e produzir os resultados. Para a análise quantitativa, foi utilizada uma estatística descritiva. Segundo Guedes (2005), o objetivo básico desse tipo de estatística é sintetizar uma série de valores da mesma natureza, permitindo, dessa forma, que se tenha uma visão global da variação desses valores. Além disso, ela organiza e descreve os dados de três maneiras: tabelas, gráficos e medidas descritivas. Os testes estatísticos utilizados nessa pesquisa foram os testes de: Komolgorov-Smirnov, Wilcoxon e Mann-Whitney.

Esses testes estatísticos são dados descritivos da amostra e foram apresentados em média \pm desvio padrão. O percentual de acerto foi apresentado em valores de média, mínimo e máximo. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Komolgorov-Smirnov (KS) bi amostral. Esse é um dos testes mais difundidos na comparação amostral, ele quantifica a distância entre a função da distribuição empírica da amostra e a função da distribuição de referência (CORDER; FOREMAN, 2011). A análise inferencial foi feita através de testes não-paramétricos devido ao caráter não-normal da distribuição.

A comparação dos resultados de cada grupo em diferentes momentos foi apreciada pelo teste dos postos de sinais de Wilcoxon. Neste, é verificado se os valores sofreram redução, elevação ou estabilidade, e os dados são ordenados a partir das magnitudes das diferenças entre os momentos a fim de verificar se as alterações são significativas. A comparação entre os grupos nos diferentes momentos foi realizada pelo Teste U de Mann-Whitney, é um teste não paramétrico, aplicado a amostras independentes, sendo análogo ao teste paramétrico de *T-Student*. Ele testa a heterogeneidade de duas amostras ordinais nas quais os grupos são independentes e as variáveis são ordinais ou contínuas. Todas as análises tiveram $p < 0,05$ como critério de significância para a rejeição das hipóteses nulas e, conseqüentemente, assumindo-se como verdadeiras as hipóteses alternativas, conforme a orientação de Paulino, Pestana, Branco, Singer, Barroso e Bussab (2011). Os dados foram analisados a partir do *software* SPSS Inc.

Esse formato de análise dos dados pode ser encontrado no estudo experimental de Baxter e Hailey (2019), que realizou um experimento com 100 estudantes de graduação, do departamento de computação, na universidade Oeste da Escócia no Reino Unido. O objetivo desse estudo foi verificar a percepção dos participantes sobre a utilização dos equipamentos de RV nas disciplinas de graduação como método de ensino. Os testes

Mann-Whitney desse estudo indicaram que não houve significância em $p < 0,05$ com diferenças nas percepções sobre se o uso da tecnologia virtual ajudaria na aquisição de conhecimentos, habilidades ou promover a autoeficácia do aprendiz.

A análise de dados quantitativos foi realizada logo após que eles estiveram disponíveis, à medida que os funcionários foram respondendo, segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010) essa análise preliminar é de caráter descritivo e é uma boa prática para verificar a qualidade dos dados, a distribuição de frequência das variáveis e outros aspectos, como calcular as medidas de tendência central (média aritmética e mediana) e medidas de dispersão como desvio-padrão e amplitude. Segundo os autores, os dados podem ser classificados em dois grupos: dados quantitativos e dados qualitativos. Nesta pesquisa foi utilizado para os dois grupos.

Na análise qualitativa foi utilizada a análise de conteúdo temática. Segundo Bardin (1977), esse tipo de análise consiste em um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. A análise temática é um método para identificar e analisar padrões de significado (temas) em dados qualitativos. Ela pode ser usada para abordar a maioria dos tipos de perguntas de pesquisa, pontos de vista e opiniões das pessoas para construir uma representação em contextos particulares (BRAUN; CLARKE, 2006).

De acordo Braun e Clarke (2006), a análise temática pode ser utilizada para diferentes tipos de dados qualitativos, desde fontes secundárias – como: revistas ou entrevistas na televisão, dados textuais (pesquisas qualitativas), e dados interativos (transcrições de entrevistas e grupos focais) – a dados naturalísticos (transcrições de gravações de áudio). Também, para Gbrich (2007), a análise temática é uma abordagem para avaliar muitas informações, permitindo ressaltar os padrões no texto, a existência e a frequência dos temas e das palavras mencionadas, assim como a relação entre elas.

A análise temática é um dos métodos mais comuns no campo qualitativo e permite ao pesquisador codificar e acompanhar os dados. Além disso, fornece um nível de sensibilidade aos detalhes e ao contexto, garantindo acesso preciso à informação (BRAUN; CLARKE, 2006; RADNOR; O'MAHONEY, 2013). Na análise temática, os dados são primeiramente introduzidos em códigos significativos. Assim, esses códigos são fundidos em temas significativos que aparecem como as principais barreiras e são baseados na repetição. Esses temas são apoiados por extratos de textos (RADNOR, 2001; BRAUN; CLARKE, 2006).

Nesta pesquisa, seguiram-se as 6 etapas de Braun e de Clarke (2006), primeiro com a familiarização dos dados. Realizou-se essa etapa no momento das entrevistas com os participantes e no momento da transcrição dos áudios. Em seguida, identificaram-se os códigos iniciais, quando se organizaram os códigos iniciais conforme a leitura das entrevistas. Logo após iniciou-se a procura por temas. Depois revisaram-se os temas e se definiu o nome para cada tema que melhor representaria um grupo de códigos. Por fim produziu-se a discussão e os resultados.

A análise qualitativa também foi utilizada para a avaliação do grau de satisfação do trabalhador em relação ao treinamento. Segundo Cauchick Miguel *et al.* (2010), os dados qualitativos ou categóricos podem ser classificados em dois tipos: qualitativos nominais e qualitativos ordinais. Este mesmo autor comenta que respostas de dados qualitativos ordinais podem ser ordenadas, como o nome sugere, por exemplo: o grau de satisfação no atendimento telefônico pode receber as seguintes respostas ordenadas: muito satisfeito, satisfeito; nem satisfeito, nem insatisfeito; insatisfeito ou muito insatisfeito.

Neste caso a pesquisa utiliza o tipo ordinal, pois o questionário 2 avalia o grau de satisfação do aprendiz em relação ao treinamento e foi utilizada a escala de Muito Satisfeito com 100%, Satisfeito com 75%, Insatisfeito com 50% e Muito Insatisfeito com 0% nas oito questões. Em seguida, uma média aritmética foi extraída dos dados para identificar o nível de satisfação por participante, também foi possível identificar o grau de satisfação dos funcionários para cada modelo de treinamento e confirmar a afirmação encontrada na teoria de que o modelo com tecnologia com RV é mais satisfatório para o aprendiz.

4.4 CRONOGRAMA GERAL DA PESQUISA

O cronograma da pesquisa (ANEXO E), demonstra todas as etapas da pesquisa, para o que se utilizou um modelo de Estrutura Analítica de Projeto (EAP) e, após, transferiu-se para o formato de cronograma com linha do tempo. O cronograma geral da pesquisa está alinhado com o cronograma da coleta de dados validado com a organização.

5 RESULTADOS

Nesta etapa da pesquisa, apresentam-se os resultados obtidos a partir da aplicação dos procedimentos metodológicos. No primeiro momento, analisaram-se os resultados quantitativos, utilizando os testes de Komolgorov-Smirnov, de Wilcoxon e de Mann-Whitney, conforme detalhou-se na análise dos dados. Também se expõe um gráfico comparativo do nível de satisfação de ambos os grupos de treinamentos. Logo após, avaliou-se os resultados qualitativos por meio da análise dos principais temas, os quais estão separados em benefícios e em desafios encontrados nas entrevistas semiestruturadas realizadas com o grupo do experimento.

5.1 RESULTADOS QUANTITATIVOS

Para estruturar os resultados quantitativos, apresentam-se, a seguir, três tabelas, com a utilização do percentual de acerto do questionário (ANEXO C) e de valores de média, mínimo e máximo. Para validar os dados e encontrar a normalidade, utilizou-se o teste de aderência de Komolgorov. Para as Tabelas 2 e 3, baseou-se na comparação dos resultados de cada grupo em diferentes momentos a partir do teste de Wilcoxon. Na Tabela 4, compararam-se os grupos em diferentes momentos, tendo como base o teste de Mann-Whitney. Todas as análises tiveram $p < 0,05$ como critério de significância. Os dados das tabelas foram analisados utilizando-se o *software* SPSS Inc.

Após a análise dos dados, expõem-se os resultados nas Tabelas 2, do grupo experimental, 3, do grupo de controle, e 4, do comparativo de ambos os grupos. Também se criou um gráfico de barras comparativo com os resultados de nível de satisfação de ambos os grupos. Nas três tabelas, realizou-se a separação em pré, depois e após 60 dias de produção da aplicação do treinamento com realidade virtual. Também se separaram as perguntas do questionário (ANEXO C) em temas como: global – que são as perguntas de 9 a 12 –; EPI – perguntas de 5, 13 a 15 –; 5S – perguntas 6, 16 a 18 –, e temas ligados à Instrução de Trabalho (IT) – perguntas 7, 8 e 19, 20 –, e realizou-se uma média total de assertividade das perguntas. A seguir, a Tabela 2 com os resultados do grupo experimental.

Tabela 2– Resultados aplicação questionário 01 grupo experimental

Conteúdo	Pré (a1)			Depois (a2)			Após 60 dias (a3)			Resultado - Teste Wilcoxon		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	p a1xa2	p a2xa3	p a1xa3
Global	75	50	100	89	75	100	84	50	100	0,000*	0,022*	0,036*
EPI	72	0	100	85	50	100	87	50	100	0,001*	0,327	0,001*
5S	72	25	100	87	50	100	87	50	100	0,000*	0,983	0,002*
I.T	59	25	100	74	50	100	70	50	100	0,002*	0,161	0,052
Total	70	44	100	82	63	100	84	63	100	0,000*	0,234	0,001*

Fonte: o autor (2022).

Os dados descritivos inseridos nas tabelas 2 e 3 possuem desvios padrão para mais e para menos. Os dados da tabela estão em percentual de acerto, e são separados em valores de média, mínimo e máximo. Os resultados também foram sistematizados em função do tempo e organizados da seguinte maneira: aplicação antes do treinamento, Pré (a1); aplicação logo após o treinamento, Depois (a2); e aplicação do teste após 60 dias de produção, após 60 dias (a3). Na coluna de resultados das tabelas 2 e 3, utilizou-se o teste de Wilcoxon, que comparou a taxa de acerto da aplicação do questionário (anexo 02). Desta forma, comparou-se a aplicação dos testes em pré-treinamento (a1) com logo depois do treinamento (a2), simbolizado na tabela como p a1xa2, também comparou-se o teste realizado logo depois do treinamento (a2) com o mesmo teste aplicado após 60 dias de produção da aplicação do treinamento (a3), simbolizado na tabela como p a2xa3. Por fim comparou-se a aplicação do teste em pré-treinamento (a1) com após 60 dias de produção da aplicação do treinamento (a3), simbolizado na tabela como p a1xa3. Os resultados que obtiveram resultados $p < 0,05$ como critério de significância no teste de Wilcoxon foram identificados com um asterisco (*), a fim de identificar se se obteve significância para cada tema do questionário.

A aplicação final contou com 25 participantes, houve uma desistência de cinco devido ao encerramento de contrato de trabalho desses participantes por parte da companhia durante o experimento. A idade média do grupo foi de 37,24 anos, já a média de experiência no processo de soldagem dos participantes foi de 7,96 anos de trabalho.

Os resultados obtidos a partir do relacionamento de pré-treinamento (a1) com logo depois do treinamento (a2) foi significativo em todos os conteúdos, Global, 5S, EPI e I.T. Observou-se que a média de acerto de respostas no questionário antes do treinamento foi de 70%, enquanto logo após o treinamento a média aumentou para 82%, apresentando uma eficácia na absorção do conhecimento de 12% em relação aos conteúdos abordados. Quando comparada a avaliação pré-treinamento (a1) com após 60 dias de produção da aplicação do treinamento (a3), verificou-se uma significância nos conteúdos Global com

média de acerto de 75% (a1) para 84%(a3), em 5S de 72% (a1) para 87% (a3) e EPI também de 72% (a1) para 87%. Dessa forma, percebeu-se uma eficácia na absorção do conteúdo com a aplicação do treinamento do grupo experimental que utilizou a metodologia de RV no processo de aprendizagem. Nessa comparação, não houve alterações significativas na compreensão de conteúdos de I.T, porém a média de acerto das respostas em pré-treinamento foi de 59%, enquanto após 60 dias de produção da aplicação do treinamento foi de 70%, com aumento de acerto em 21% dos participantes.

Porém, quando comparados logo depois do treinamento (a2) com após 60 dias (a3), não observou-se diferença significativa na absorção do conhecimento, somente no tema global que houve um aumento significativo. Uma justificativa é que o tema global, junto com a hierarquia do funcionário, se divulga semanalmente na organização, influenciando nesse aumento.

Portanto, percebeu-se uma eficácia na absorção do conteúdo na aplicação do treinamento com RV, principalmente na assertividade da avaliação entre pré-treinamento e logo após o treinamento, o que se mantém após 60 dias das atividades. Essa retenção também foi observada na revisão da literatura, sendo um dos principais benefícios do Quadro 1 (PEREZ-RAMIREZ *et al.* 2019; ALREHAILI; OSMAN, 2019; HOWARD; GUTWORTH, 2020; PEDRAM; PALMISANO; SKARBEZ; PEREZ; FARRELLY, 2020).

Nos resultados do grupo de controle, conforme a Tabela 3, utilizou-se a mesma organização da tabela anterior. Realizou-se, também, a comparação a partir do recorte temporal: pré-treinamento (a1), logo depois do treinamento (a2) e após 60 dias de produção da aplicação do treinamento (a3), o que foi contrastado com os temas do questionário (ANEXO C). Nesse grupo, porém, aplicou-se o treinamento tradicional, em sala de aula.

Tabela 3 – Resultados aplicação questionário 01 grupo controle

Conteúdo	Pré (a1)			Depois (a2)			Após 60 dias (a3)			Resultado - Teste Wilcoxon		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	p a1xa2	p a2xa3	p a1xa3
Global	74	25	100	76	25	100	81	50	100	0,678	0,232	0,148
EPI	89	50	100	83	25	100	87	25	100	0,381	0,490	0,450
5S	66	0	100	67	0	100	72	0	100	0,823	0,364	0,215
I.T	48	25	100	58	0	100	66	25	100	0,046*	0,103	0,000*
Total	69	38	100	76	38	100	71	19	100	0,001*	0,234	0,005*

Fonte: o autor (2022).

O grupo de controle contou com 27 participantes, sendo que três participantes foram excluídos, pois tiveram seu contrato encerrado pela organização durante o

experimento. A idade média desse grupo foi de 36,11 anos de idade e a média de experiência no processo de soldagem foi de 8,59 anos.

Nos resultados obtidos com a relação entre pré-treinamento (a1) e logo depois (a2), diferentemente do resultado do grupo experimental, identificou-se uma absorção do conhecimento apenas nos conteúdos de I.T e Total. A média de acerto do questionário durante a pré-avaliação desses temas foi de 48%, enquanto depois foi de 58%, um aumento de 10% pontos de acerto de respostas. Quando comparadas a avaliação pré-treinamento (a1) com depois (a3), identificaram-se os mesmos resultados de significância no tema I.T e Total. No entanto, quando comparados depois do treinamento (a2) com após 60 dias da aplicação do treinamento (a3), não se evidenciou diferença significativa na absorção do conhecimento em nenhum dos temas. Dentre todos os temas abordados, o respeito à instrução de trabalho I.T é o menos explorado pelos supervisores da operação. Como regra da organização, o supervisor deve abordar este tema e realizar uma auditoria em cada funcionário pelo menos uma vez ao mês, sendo que os demais temas são abordados como lembrete uma vez por semana.

Por fim, não se percebeu uma absorção do conhecimento do grupo de controle com a aplicação de treinamento tradicional em sala de aula. A organização considera este treinamento como uma reciclagem do conhecimento, sendo aplicado anualmente a todos os colaboradores deste processo. Acredita-se que esse fator possa ter influenciado no fato de que não foi encontrada eficácia na maioria dos conteúdos abordados nesse método de treinamento, conforme a Tabela 3, com a utilização do teste estatístico de Wilcoxon.

A seguir, apresentam-se os resultados de comparação para o grupo experimental e o grupo de controle, utilizando-se os resultados apresentados anteriormente.

5.1.1 Resultados da comparação entre o grupo experimental e de controle

Apresentam-se a seguir os resultados da comparação entre os grupos experimental (GE) e de controle (GC). Assim, separou-se em três momentos. No primeiro momento, destaca-se a Tabela 4, baseada no teste de Mann-Whitney, com um resultado de significância de $p < 0,05$. Em um segundo momento, o Gráfico 2 com o resultado da porcentagem de acerto do questionário de conteúdo (ANEXO C). Por fim, dispõem-se os resultados de satisfação dos participantes no fim dos treinamentos, utilizando o questionário (ANEXO D), com a apresentação do Gráfico 3.

Assim como utilizado nos resultados das tabelas anteriores, o asterisco (*) serve para identificar a significância dos assuntos do questionário. Nessa tabela relacionam-se dados da comparação entre os grupos de controle e grupo experimental em relação ao período de testagem, os quais são identificados da seguinte maneira: pré (a1) – anterior à instrução – identificado por: GExGC (a1); depois (a2) – posterior à instrução –: GExGC (a2), e resultados após 60 dias de produção (a3) da aplicação do treinamento: GExGC (a3).

Tabela 4 – Resultados da comparação entre o grupo experimental e o grupo controle

	Pré (a1)	Depois (a2)	Após 60 dias (a3)
Conteúdo	GExGC	GExGC	GExGC
Geral	0,854	0,007*	0,441
EPI	0,803	0,772	0,923
5S	0,002*	0,003*	0,024*
I.T	0,330	0,024*	0,447
Total	0,094	0,011*	0,132

Fonte: o autor (2022).

Nos resultados encontrados na comparação de grupos, com a aplicação do questionário antes do treinamento GExGC (a1), identificou-se significância apenas no tema de 5S em relação à retenção do conteúdo nos três momentos. Com a aplicação do treinamento de realidade virtual realizado no grupo experimental os participantes vivenciam a aplicação de conceitos traduzidos no posto de trabalho virtual, como a organização de ferramentas e de carrinho de peças. O 5S é um tema vivenciado no dia a dia dos funcionários, a organização disponibiliza um tempo de cinco minutos após a pausa de refeição para os funcionários realizarem a aplicação do 5S em seu posto de trabalho. Além disso, os funcionários são orientados a aplicar e melhorar o 5S no seu posto de trabalho quando ocorre panes de máquinas ou falta de peças no processo.

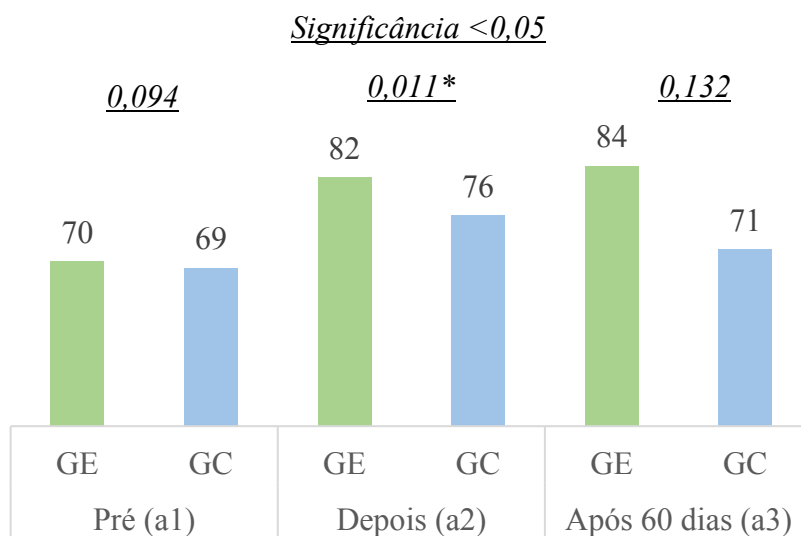
Por outro lado, os dados apresentaram que não houve impacto em relação ao conteúdo sobre EPI que foi abordado. Pode-se perceber que se manteve uma média de acertos nos três momentos da aplicação do questionário em ambos os grupos em relação ao tema. A importância da utilização do EPI pelos operários é diariamente comunicada pelos líderes em reunião de equipe, podendo ocorrer advertências disciplinares em casos em que os equipamentos não estejam sendo usados pelos trabalhadores em seus postos, dessa forma como é tema bastante abordado na organização evidenciou-se a não retenção do conhecimento. Não se constatou relevante diferença no resultado nos dois grupos sobre os demais

temas aplicados no questionário em pré-treinamento. Bem como não se observou significância no resultado dos demais temas após 60 dias de produção em ambos os grupos.

O conteúdo I.T. é uma revisão dos documentos da instrução de trabalho no posto de trabalho, o qual é pouco abordado no treinamento tradicional em sala de aula. Sua aplicação é executada pelo instrutor, quem apresenta um exemplo de I.T e como os funcionários devem realizar a leitura deste documento, além de relatar os pontos chaves que devem seguir para atender à qualidade e à segurança. No treinamento com RV, ao contrário, o funcionário não encontra o detalhe do documento, porém, na simulação do posto de trabalho, ele executa a atividade de soldagem e é orientado por áudio a seguir uma sequência pré-definida pela engenharia para garantir a qualidade e a segurança no posto de trabalho.

Para completar os resultados de comparação entre os grupos experimental e de controle, apresenta-se o Gráfico 2, que demonstra a porcentagem de acerto de respostas do questionário entre os participantes.

Gráfico 2 – Porcentagem de acerto do questionário grupo experimental e controle



Fonte: o autor (2022).

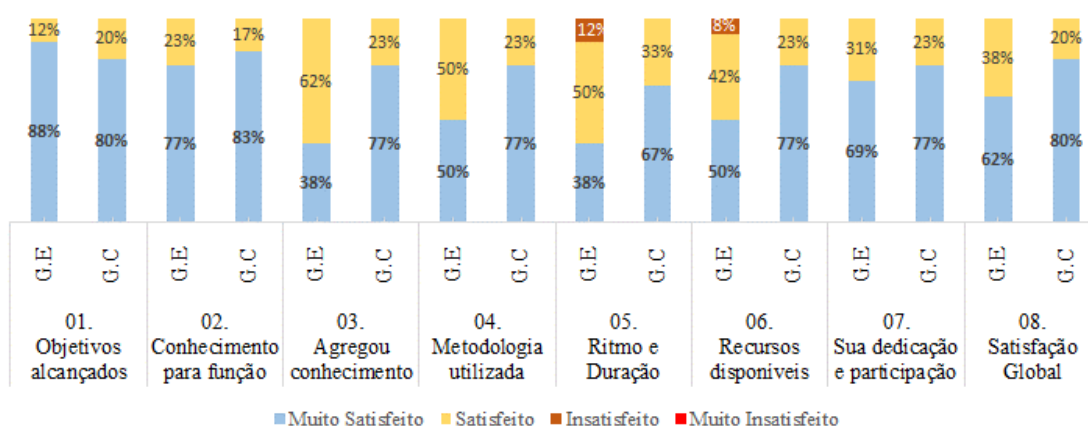
Percebe-se que o grupo experimental (GE) obteve maiores acertos em todos os momentos da aplicação do questionário. Destacam-se os resultados logo após o treinamento, que, no total, obteve 82% de acertos, contra 76% de acerto no grupo de controle. Assim, quando se compara a aplicação do questionário logo após os treinamentos nos dois grupos, foi encontrada uma diferença em relação à retenção do conhecimento em relação aos temas global, 5S e I.T, conforme identificou-se também no Gráfico 2.

Encontrou-se uma taxa de acerto das respostas de 74% do grupo experimental em relação ao tema de I.T, contra 58% do grupo de controle, com uma diferença de 16% de taxa acerto.

Assim como se identificou, na Tabela 4, que ocorreu relevante modificação na retenção de conhecimento sobre o 5S nos três momentos de aplicação do questionário, também se observou isso quando levantamos a média de acerto das respostas do questionário. No grupo experimental, 72% acertaram as respostas, enquanto 66% acertaram no grupo de controle, com diferença de 6%. Porém, quando realizou-se esta comparação na taxa de acerto de respostas do questionário logo depois do treinamento, 87% dos participantes do grupo experimental acertaram as respostas, contra 67% do grupo de controle. A diferença de ambos os grupos passa de 6% para 20%, tendo um resultado significativo, que se mantém aproximada após 60 dias de produção.

Deste modo, entende-se que os participantes do grupo experimental obtiveram uma maior retenção do conhecimento acerca dos temas global, 5S e I.T em relação aos participantes cujo treinamento se deu de modo tradicional em sala de aula. A fim de complementar os resultados de comparação em ambos os grupos GE e GC, apresentam-se, no Gráfico 3, os resultados do nível de satisfação dos participantes em relação à aplicação dos treinamentos. Para a avaliação do nível de satisfação, aplicou-se o questionário (ANEXO D) no final de cada treinamento.

Gráfico 3– Nível satisfação por perguntas do grupo experimental e de controle



Fonte: o autor (2022).

A média global de satisfação do grupo de controle foi maior no critério de muito satisfeito do que o grupo experimental. A diferença está nos resultados das perguntas 05

e 06 do questionário. Em relação à pergunta 05, Ritmo e duração, 12% dos participantes se sentiram insatisfeitos com esse aspecto do treinamento. Alguns participantes relataram na entrevista semiestruturada que gostariam de um tempo maior para a utilização do equipamento de RV, principalmente aqueles participantes que encontraram dificuldade quanto à sua usabilidade, como senso de localização e utilização do controle. O treinamento tem duração de duas horas, e o usuário utiliza o equipamento de RV no mínimo duas vezes, caso o instrutor identifique alguma dificuldade do aprendiz, ele poderá realizar novas seções no equipamento de RV.

Já a pergunta de número 06 avalia os recursos disponíveis como material, sala, instalação e equipamentos. Esse item obteve 8% de insatisfação por parte dos participantes. O motivo relatado pelos participantes é o tamanho da sala disponível pela organização para a realização do treinamento de realidade virtual, a qual foi considerada pequena, com infraestrutura ruim, segundo a opinião dos participantes, principalmente no momento da utilização dos equipamentos de RV, pois o participante perde o senso de localização.

De modo geral, o nível de satisfação do grupo experimental foi menor que o do grupo de controle quando se compara o critério de “muito satisfeito”. Nesse sentido, os pontos negativos levantados precisam ser levados em consideração pela organização em futuros projetos. Apesar desse resultado, considerou-se que os participantes reconhecem o esforço da organização em investir no aumento da aprendizagem de seus funcionários, principalmente com a responsabilidade de diminuir os acidentes de trabalho.

Por fim, percebeu-se que os participantes se sentem satisfeitos em sair da rotina do dia a dia da organização, se deslocando para um ambiente confortável para obter conhecimento e aprimoramento de suas práticas. Para complementar os dados quantitativos obtidos, a seguir apresentam-se os resultados qualitativos.

5.2 RESULTADOS QUALITATIVOS

Os resultados qualitativos contribuíram para o atingimento do objetivo dessa pesquisa que é avaliar a retenção do conhecimento ministrado no treinamento de segurança do trabalho que foi aplicado em funcionários de uma indústria automobilística. Desta forma, realizou-se uma análise temática baseada nas seis etapas de Braun e Clarke (2006): familiarização com os dados, identificação dos códigos iniciais, busca pelos temas, revisão dos temas, definição do nome dos temas e produção dos resultados. A análise temática

se baseou em códigos da entrevista com o grupo experimental informados pelos participantes e por exemplos de execução do aprendizado durante o treinamento.

A organização dos resultados qualitativos se deu através da aplicação da análise temática realizada a partir da entrevista semiestruturada com o grupo experimental. Essa análise tem por objetivo completar e aprofundar os resultados da pesquisa quantitativa. A pesquisa qualitativa não tem a finalidade de apresentar resultados, mas o aprofundamento da compreensão de um grupo social ou de uma organização. Nessa abordagem, o(s) pesquisador(es) não pode(m) fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa (GOLDENBERG, 1997). Dessa forma, a análise temática que se apresenta também poderá confirmar e encontrar novos conceitos que ainda não foram abordados em outras pesquisas.

Assim, organizaram-se os dados em códigos identificados nas entrevistas. Em seguida, realizou-se a correlação em temas, detalhados no Anexo F. O Quadro 8 é um resumo do Anexo F, criado para facilitar a apresentação desse capítulo. A seguir apresentam-se os temas levantados e as taxas de menções dos entrevistados, também acrescentou-se um verbete como evidências das entrevistas para representar o tema.

Quadro 8 – Temas mencionados em benefícios

Principais temas	% menções aos temas	Evidências das entrevistas
Retenção do conhecimento	51%	"Eu preferiria o virtual porque é um treinamento de segurança e você pode errar, não que você vá para errar, mas como é um treinamento você pode errar e isso pode acontecer" (ENT_12).
Efetivos comportamentais	27%	"Eu fiquei empolgado e curioso pra ver se ia ser igual o treinamento da destreza" (ENT_01).
Avanços tecnológicos	22%	"Me senti bem seguro, porque eu estava em um ambiente 3D. Parecia que eu estava na linha de produção" (Ent_09).

Fonte: o autor (2022).

A seguir detalha-se cada um dos temas levantados na análise e apresentados no Quadro 8.

5.2.1 Retenção do Conhecimento

Para o tema “Retenção do Conhecimento”, levantaram-se quatro códigos que foram analisados e relacionados a esse tema (o detalhe pode ser observado no Anexo F). Durante as entrevistas, foram mencionados exemplos do que os funcionários realizam no

dia a dia os quais confirmam o aumento da retenção e da absorção do conhecimento e sua aplicabilidade na rotina do posto de trabalho. Esse resultado está ligado ao objetivo geral dessa pesquisa, que é avaliar a retenção do conhecimento ministrado no treinamento de segurança do trabalho que foi aplicado em funcionários de uma indústria automobilística. Esse aumento de retenção do conhecimento a partir da aplicação do treinamento com a RV corrobora dados encontrados na literatura (Quadro 1).

Em sequência na tabela de benefícios, identificou-se o código: “Mais atenção no dia a dia após realizar o treinamento”. Abaixo o trecho 01 da entrevista que representa esse código.

Trecho 01: “Um carrinho fora de lugar, por exemplo, a gente começou a prestar mais atenção, que, ali nos óculos, ali a gente vê que você não conseguia passar por conta de o carrinho estar fora do lugar, então você vê um carrinho fora do lugar, você já o colocar no lugar, entendeu? Pelo menos para mim foi isso” (ENT_14).

Nesse sentido, os entrevistados observaram que, após o treinamento com a realidade virtual, tiveram mais atenção com a segurança do trabalho em seu posto de trabalho, ao identificar ferramentas fora de posição e eletrodos no chão. Esses exemplos foram realizados no simulador virtual no treinamento de RV. Além dessa questão, outro código, nomeado: “RV simula o risco do acidente que o treinamento real não traz”, demonstra as possibilidades do treinamento com a RV:

Trecho 02: "Eu preferiria o virtual porque é um treinamento de segurança e você pode errar, não que você vá para errar, mas como é um treinamento você pode errar e isso pode acontecer" (ENT_12).

Desse modo, verificou-se a possibilidade de o aprendiz errar nas atividades do simulador virtual, sem que aconteça acidentes durante o treinamento. Além disso, os participantes têm uma experiência sobre o que pode acontecer, caso não se respeitem as regras de segurança aplicadas no treinamento.

Um outro benefício, apontado pelos entrevistados, é a capacidade do treinamento de RV em ajudar funcionários novos que ainda não tiveram contato com o posto de trabalho. Esse código foi identificado como “Simulador virtual antecipa o posto de trabalho para o operador novo”, o qual se ilustra pelo seguinte trecho:

Trecho 03: “A pessoa que não conhece, por exemplo, ela vem de fora e não sabe como é o dia a dia aqui, ali vai mostrar, eu digo, uns 90% do que é nosso dia a dia” (ENT_14).

Ou seja, os funcionários novos estariam melhor preparados para identificar os riscos envolvidos na execução da atividade, observando, ainda, as consequências que uma desatenção pode causar. Por fim, o código “Treinamento virtual é um complemento do tradicional” é ilustrado pela seguinte passagem:

Trecho 04: “Acredito que faltou um pouco a parte teórica do treinamento, falar mais sobre I.T, 5S, TPM, um pode agregar ao outro” (ENT_15).

Nesse sentido, o método de treinamento virtual precisa ser um complemento do treinamento tradicional. O método com RV é uma experiência prática com pouca teoria e o método tradicional em sala de aula, com auxílio de *PowerPoint*, conta com demasiada teoria e com pouca prática.

O tema “Retenção do conhecimento” teve maior representatividade na pesquisa, para as menções ligadas aos benefícios. Observou-se que esse fator está diretamente relacionado à mudança de comportamento do aprendiz ao utilizar esse método de treinamento. Considerou-se que o aumento do grau de interação, de motivação e de envolvimento do participante durante o treinamento de ambiente virtual é proporcional ao nível de aprendizagem e à absorção do conteúdo. De acordo com Gorecky, Khamis e Mura (2017), a implicação da RV ao usuário é baseada em jogos e oferece uma interface atrativa e intuitiva, como resultado o sucesso no alcance da transferência de conhecimento.

Além disso, encontraram-se muitas evidências através dos trechos das entrevistas mencionadas que confirmam uma mudança de comportamento após o treinamento com RV, sendo levados para seu ambiente de trabalho. Acredita-se que esse fator está ligado ao desejo dos participantes sobre o conteúdo de aprendizagem voltado para a prática. Desse modo, entende-se que o verdadeiro potencial da RV não está em melhorar a metodologia de ensino, mas oferecer oportunidades de “aprender fazendo” ao aprendiz e alcançar os resultados esperados durante e após o treinamento.

Em seguida, apresentam-se os códigos levantados a partir do tema dos benefícios dos efeitos comportamentais.

5.2.2 Efeitos comportamentais

Além dos efeitos na retenção do conhecimento, também encontramos três códigos que foram relacionados ao tema “Efeitos comportamentais no treinamento”, a partir do que identificamos um sentimento positivo dos participantes que produziu uma mudança de comportamento durante o treinamento de RV. Esse comportamento positivo é

fundamental para uma alta eficácia no processo de treinamento com uma maior absorção e maior entendimento do conhecimento. Também foi identificado esse benefício no Quadro 1 do referencial teórico desta pesquisa.

O primeiro código foi chamado de “Motivação, empolgação e curiosidade ao realizar o treinamento”, o qual foi organizado a partir do levantamento do sentimento dos participantes ao realizar o primeiro contato com os equipamentos de RV no treinamento. A seguir, o trecho 05 da entrevista que representa esse código:

Trecho 05: "Fiquei Motivado e me senti interessado, como foi primeira vez, então se senti bastante interessado, com certeza, com este treinamento" (ENT_04).

Nesse sentido, quatorze entrevistados nunca tiveram contato com um equipamento de RV, apenas uma pessoa informou que já tinha experimentado. Para o código, identificado como “Envolvimento do participante ao utilizar a RV”, abaixo apresentamos o trecho 06, que evidencia esse código.

Trecho 06: “O treinamento gerou uma expectativa, se vai ser virtual aí ainda mais que eu nunca tinha feito, não tinha conhecimento. Você está realmente em um ambiente virtual e assim realmente não te dá sono, você está de pé, você está em atividade, você aprende bem mais, está memorizando, vivenciando aquilo e é um aprendizado que nunca mais você vai esquecer” (ENT_03).

Os entrevistados informaram que ficaram mais envolvidos com o treinamento, por se sentirem desafiados como em uma competição. Este mesmo sentimento acontece nos jogos de videogame para diversão, como informado pelos próprios entrevistados. Sendo assim, levantamos também o código “Diversão, comparado aos jogos de videogame ao utilizar o RV”, com o trecho 07 da entrevista que menciona esse código:

Trecho 07: “Fiquei bem participativo ali na parte de pegar as peças e colocar no lugar, com aplicação do 5s. Eu achei bem interessante, algo parecido em videogame em casa" (ENT_10).

Nessa perspectiva, o treinamento com a utilização da metodologia de RV precisa ser atraente como os videogames e comparado com a diversão de jogos interativos, com a participação coletiva.

O levantamento dos códigos do tema “Efeitos comportamentais no treinamento” representa o sentimento dos participantes durante o treinamento com RV. Dessa forma, identificou-se poucos estudos que relacionam a utilização de RV em treinamentos com a participação coletiva para gerar um senso de competição ainda maior entre os participantes do treinamento. Essa é uma proposta para que novos desenvolvedores aumentem ainda

mais o envolvimento dos participantes. Encontrou-se essa afirmação no estudo de Sims (2007), que aplicou a dramatização e a aprendizagem coletiva no treinamento de RV para melhorar a motivação do aprendiz e a retenção de conhecimento. O entusiasmo e o senso de competição também devem ser considerados para promover a aprendizagem (EISON, 2010).

Em seguida, é apresentado o tema “Avanços tecnológicos” alcançados com a RV na aprendizagem.

5.2.3 Avanços Tecnológicos

Em continuidade com a análise do Quadro 8, encontrou-se o tema “Avanços tecnológicos”, que está correlacionado com o potencial que a tecnologia de RV tem alcançado com as melhorias nos equipamentos, *software* e ao *design* gráfico. O avanço tecnológico permitiu simular um posto de trabalho com zero risco de acidentes; caso se realizasse um treinamento com simulador real, os acidentes poderiam ocorrer e por consequência não atingiriam os objetivos do treinamento.

Sob esse tema, levantaram-se dois códigos: “Segurança ao realizar o treinamento com a RV”. Esse benefício reforça que, durante o treinamento, os participantes sentiram a liberdade em poder errar as atividades do simulador, com sentimento de segurança, como mencionado anteriormente. Exemplo disso pode ser verificado a seguir:

Trecho 08: “Você está vendo, me senti no ambiente do treinamento, mas no caso dentro do treinamento com segurança, e eu me sentia realmente dentro do ambiente de trabalho, bem sem nenhum medo” (ENT_11).

Em outro código “Similaridade entre o ambiente virtual e o ambiente real”, identificou-se que os participantes encontraram uma boa qualidade dos gráficos no simulador virtual, praticamente comparando com seu real posto de trabalho. O trecho 09 representa esse código:

Trecho 09: “Os gráficos, a semelhança com nosso ambiente de trabalho são iguais na verdade” (ENT_10).

Além dessas questões, observou-se melhorias relacionadas à usabilidade do equipamento. A evolução da RV está conectada com o ambiente virtual realista. É um ambiente de alta fidelidade, com gráficos complexos e de alta qualidade, simulando o ambiente quase que perfeitamente, tendo em vista seu constante aprimoramento gráfico.

Desse modo, já existe uma evolução no equipamento utilizado no experimento, do fabricante *HTC Vive*, cuja resolução gráfica é de duas telas de 1080x1200 *pixels*, com um novo equipamento do mesmo fabricante, o *Vive flow* (1600 x 1600 *pixels* para cada olho), conforme o *site* do fabricante¹. Um ambiente realiza suficiente, pois o participante pode reconhecer o ambiente e os objetivos, com detalhes comparados ao mundo real. Esta afirmação também foi observada em Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020).

No processo de aprendizagem humana, a tecnologia de RV por imersão utilizada em treinamentos inicialmente foi desenvolvida para a área militar (HARMON; KENNEY, 1994), transferindo o conhecimento para área educacional (MORENO; MAYER, 2002) e migrando para a indústria (RUBIO; SANZ; SEBASTIÁN, 2005). Essa evolução de *software* e *hardware* precisou se adaptar para atender às expectativas motoras e sensoriais do ser humano, dependendo da área de atuação. Esses avanços tecnológicos têm sido aliados do ser humano no aprendizado, trazendo grandes benefícios e quebrando resistências. Porém a identificação de desafios é importante para que os desenvolvedores e fabricantes consigam melhorar a tecnologia de RV voltada para treinamentos.

Em um segundo momento da análise temática, criou-se o Quadro 9, o qual relaciona os códigos identificados a um tema estruturado em desafios sobre o uso da tecnologia de RV na aprendizagem humana. O Quadro 9 é um resumo do Anexo G criado para facilitar a apresentação desse capítulo.

Quadro 9– Temas mencionados em desafios

Principais temas	Temas mencionados	Evidências das entrevistas
Interação usuário-tecnologia	33%	"É que no começo ali é tudo complicado você vai acionar os botões e tem dificuldade, também dificuldade com o acionamento do controle" (ENT_02). "Equipamento é pesado, mas para você fazer uma vez só tudo bem, mas se for pra você ficar mais tempo daí começa a pesar que acaba atrapalhando." (ENT_05).
Relação integridade física	29%	"Aquele cabo atrás trava a gente, me senti meio inseguro para fazer os movimentos" (ENT_15).
Infraestrutura organizacional	26%	"Eu acho que a questão do custo desta tecnologia, às vezes por ser um custo um pouco não muito baixo, às vezes pode ser um desafio para uma empresa ou outra" (ENT_07). "Achei o espaço físico ser um pouco pequeno, aí a gente vê que é pequeno e fica com um pouco de medo ali de bater." (ENT_12).

¹ Disponível em: www.vive.com/us/. Acesso em: 30 jan. 2022.

Limitação tecnológica	12%	"O que vai mudar é o gráfico que não é a mesma coisa que o olho humano, eu acho que o design gráfico ali deixar um pouquinho mais real" (ENT_13).
-----------------------	-----	---

Fonte: o autor (2022).

5.2.4 Interação usuário-tecnologia

Com a maior menção dos entrevistados ao tema “Interação Usuário-Tecnologia”, observaram-se três códigos para este tema detalhados no Anexo G, os quais são descritos a seguir. Esse tema também foi identificado no referencial teórico desta pesquisa, o qual foi chamado de baixa usabilidade dos equipamentos e *software* entre usuário e a tecnologia por alguns autores (HETTIG; ENGELHARDT; HANSEN; MISTELBAUER, 2018, TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019, WOLFARTSBERGER, 2019).

O código identificado como “Dificuldade em realizar comandos no controle da RV” está conectado com a melhoria da usabilidade homem-máquina dos dispositivos de RV, o qual é representado pelo trecho a seguir:

Trecho 10: “Eu me bati mais na hora que pegava o controle e você tinha que apertar os botões, assim você não precisava andar, você só precisava apertar a flechinha, entendeu. A dificuldade também foi que eu pegava e apertava o botão, aí eu soltava o botão antes e acabava soltando a peça e caía o eletrodo, o martelo durante a atividade virtual” (ENT_06).

Por mais que se tenha um avanço tecnológico com a RV nos últimos anos, como se identifica na tabela de benefícios, os fabricantes e desenvolvedores ainda têm desafios em aperfeiçoar os botões, o controle e os óculos para que melhor se adaptem ao corpo humano. Esse último aspecto está ligado ao um código “Óculos e cabos incomodavam, muito pesado” e teve 21 menções durante as entrevistas, um dos maiores códigos encontrados. A seguir o trecho 11 evidencia esse código:

Trecho 11: “Achei ruim aqueles cabos dos óculos que ficam atrás e travou a gente para andar e se movimentar, a movimentação do corpo fica limitada” (ENT_15).

Outro código ligado a esse tema é o “Treinamento RV com várias pessoas juntas”, houve um participante que relatou o seguinte acerca do assunto:

Trecho 12: "Aqui na fábrica são várias pessoas para se treinar, imagino que um equipamento de RV com várias pessoas realizando o treinamento ao mesmo tempo ganharia tempo." (ENT_10).

Conforme a tabela de desafios (ANEXO G), os funcionários gostariam de realizar o treinamento de RV em conjunto com seus colegas, pois, no posto de trabalho em que

estão acostumados a trabalhar, suas funções são realizadas junto de duas ou três pessoas próximas, sendo, portanto, um trabalho coletivo. Isso é um desafio que precisa ser explorado também pelos fabricantes: como realizar um treinamento de RV com participação em grupo?

Ao se encontrar o tema sobre a interação usuário-tecnologia, levantaram-se as dificuldades que os participantes obtiveram durante a utilização do equipamento de RV. O equipamento utilizado é um modelo de primeira geração (HTC Vive o *kit* Pro Series 1, de 2015), e dispõe de óculos com cabos e controle sem fio, com um peso de 3.22Kg. Nesse sentido, os cabos dos óculos geram desconfortos ao usuário, conforme o Quadro 9. Para minimizar o impacto sobre esse desafio, encontrou-se uma solução de um equipamento recém-lançado desse mesmo fabricante. Esse novo aparato de RV conta com óculos sem fio e é chamado de *Vive Flow*, tendo sido lançado no final do ano de 2021, com apenas 189 gramas a um custo de U\$ 499,00, podendo também ser conectado ao celular, com compatibilidade de aplicativos para realizar atividades de RVI, conforme especificações no site oficial do fabricante. Essa atualização do equipamento pode aumentar sua usabilidade.

Além dessa dificuldade, o treinamento realizado em nosso experimento com RV é individual, não sendo possível colocar um grupo de pessoas no mundo virtual. Esse desafio acarretou outro: uma dificuldade para propiciar maior discussão entre os participantes e impactar em um maior nível de retenção do conhecimento. Essa comunicação também está associada à baixa usabilidade dos equipamentos, à dificuldade dos participantes em se comunicar, tendo em vista que o ambiente virtual exige atenção e concentração plena. Para Wolfartsberger (2019) identificou essa mesma questão; a tecnologia influencia na comunicação e na cooperação entre os membros do grupo. Para quebrar esta barreira, sugere-se a implantação de fones de ouvidos com microfones. Nesse sentido, encontrou-se tecnologias que podem ser acopladas à RV com as quais se possibilita a comunicação dos participantes no ambiente virtual, e até mesmo a inserção de um grupo de participantes ao mesmo ambiente virtual (MUÑOZ; NEGRÓN; HERNÁNDEZ, 2020).

Por outro lado, observou-se desafios que não estão relacionados à tecnologia, mas sim à integridade física dos participantes, na sequência, explora-se essa questão.

5.2.5 Integridade física do usuário

O sentimento de insegurança durante o processo de treinamento com RV está conectado ao risco de acidente com quedas, causando torsão e machucadoras. Principalmente no momento inicial de adaptação ao equipamento, ao se perder o senso de localização. Esta integridade física do participante é um princípio importante para se atingir os objetivos do treinamento, porque o usuário terá uma atenção plena no conteúdo do treinamento se não tiver que se preocupar com sua segurança, logrando uma maior absorção.

Sob esse tema levantou-se o código “Sentido de localização ruim, risco de causar um acidente”, a seguir o trecho 13 com um relato relacionado a esse código:

Trecho 13: “Você fica meio perdido porque você não sabe para onde você vai na realidade virtual. Então você somente é acostumado a mexer somente o corpo, ir para a frente com o corpo, e nesse momento você tem que se controlar. Para não correr o risco de dar um acidente ali” (ENT_03).

O equipamento de RV utilizado na pesquisa não exige locomoção física; o próprio comando dos controles realiza essa movimentação, assim é um momento de adaptação do participante com o equipamento de RV, nesta fase é fundamental uma orientação do instrutor, com acompanhamento junto aos participantes.

O próximo código para esse tema relaciona-se ao código anterior: “Insegurança ao realizar o treinamento de RV”. A seguir o trecho 14 representa esse código:

Trecho 14: “O instrutor estava cuidando do fio para que eu não pisasse em cima, assim poderia cair” (ENT_04).

Houve uma insegurança ao se executar as atividades do simulador no momento que os participantes precisaram se locomover na atividade. Os participantes do grupo experimental relataram uma dificuldade em utilizar o equipamento de RV como os óculos e o controle, principalmente na primeira utilização. Dessa forma, o instrutor precisava dar um auxílio aos participantes para que eles executassem as atividades com segurança. Toda essa insegurança causava aos participantes um sentimento de medo, que foi relatada na entrevista. Tal sensação foi identificada como “Sentimento de medo, receio, surpreso ao utilizar o equipamento”. Apresentamos, a seguir, o trecho 15 sobre esse código:

Trecho 15: “Fiquei um pouco com medo, porque, igual eu falei, por saber que o espaço ali ser pequeno e curto, mesmo tendo aquelas grades de proteção no ambiente virtual, você fica com receio, porque, para ele, por ser um treinamento de segurança, o ambiente não nos mostrava segurança, aí você fica com um pouco de receio, por causa do ambiente” (ENT_12).

O tema integridade física é um tema novo no levantamento da literatura. Desse modo, quando se aplica um treinamento de segurança do trabalho em uma indústria, antes de qualquer conteúdo ser apresentado, é necessário garantir a segurança dos participantes. Em um treinamento com RV não é diferente. O ambiente físico onde ocorre o treinamento com RV deve ser organizado e preparado para que os participantes possam se sentir seguros e focar nas atividades do ambiente virtual. Esse é um fator importante para atingir os objetivos do treinamento. Contudo, o senso de localização real é comprometido ao se utilizar os óculos de RV. Por isso, a instalação dos equipamentos deve ocorrer em um ambiente com espaço físico suficiente e sem obstáculos próximos para a movimentação livre, com alertas sonoros ou barreiras virtuais para alertar o aprendiz. Diretamente ligada ao realismo de uma experiência virtual está a presença/ausência de referências ambientais reais, quanto maior possível. Assim, referências físicas ao mundo real devem ser eliminadas para um treinamento altamente realista (HARMON; KENNEY, 1994).

Por outro lado, percebe-se que esse tema de integridade física surgiu devido ao espaço da sala de treinamento com RV, para isso explorasse o tema a seguir.

5.2.6 Infraestrutura organizacional

A organização interessada na implantação dessa tecnologia precisa colocar em seu planejamento estratégico um investimento na tecnologia de RV. Também a organização precisa separar um tempo de preparação e de adaptação dos instrutores. A organização tem a necessidade de planejar e organizar um *layout* sem barreiras próximas para não correr riscos de segurança do trabalho ao realizar o treinamento de RV.

O código “Investimento do RV é elevado” representa essa questão. Na sequência, o trecho 16 evidencia esse código:

Trecho 16: “Eu acredito que o valor do equipamento seja um desafio, no momento que estamos passando hoje, acredito que o valor seria um empecilho” (ENT_03).

Os entrevistados reconhecem que o custo da implantação de um treinamento com este tipo de tecnologia ainda é elevado. Esse investimento é elevado devido à compra de *hardware*, de *software* e de serviços de um programador para o desenvolvimento do ambiente virtual, também do tempo dos instrutores para testar e corrigir até o processo de implantação. Um total de dez entrevistados informaram esse código como a principal barreira para que as organizações invistam neste método de treinamento.

Esse desafio foi observado e relacionado na tabela de desafios do referencial teórico desta pesquisa. Além desse desafio, identificou-se que o “Espaço físico da sala do treinamento RV é pequeno e sem ventilação”, o que atua como uma dificuldade para a prática do treinamento. Abaixo, o trecho 17 evidencia esse código:

Trecho 17: “Eu achei o espaço do treinamento apertado. Achei que poderia ser mais espaçoso para poder caminhar mais. Acredito que o curso seria bem mais proveitoso” (ENT_15).

Os entrevistados informaram encontrar dificuldades em realizar as atividades do simulador de RV, devido ao espaço da sala do treinamento ser fechada, com pouca ventilação e pequena para realizar a movimentação no simulador, quando se utilizam os equipamentos de realidade virtual.

Quanto ao tema sobre infraestrutura organizacional, esse fator está conectado com os investimentos e com o planejamento de infraestrutura de uma organização ao tomar a decisão de utilizar esse método de treinamento com RV, pois há complexidade no desenvolvimento de um ambiente virtual de RV, exigindo alta competência técnica dos profissionais de programação. A dinâmica não flexível para realizar a alteração dos ambientes virtuais ainda não torna a utilização da RV no treinamento competitiva (PATLE *et al.*, 2019). Ademais, manter e/ou atualizar o *software* de RV para atender às constantes demandas é um dos principais desafios. Por fim, segundo Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020), o preço da RV pode ser muito alto, talvez alto demais para ser convincente, uma vez que o impacto positivo na aprendizagem ainda não está comprovado.

Apesar desse desafio encontrou-se pesquisas que realizaram experimentos com uma tecnologia de baixo custo em treinamentos, as quais tiveram resultados positivos de retenção do conhecimento (MEYER; OMDAHL; MAKWANSKY, 2019). Segundo Trahan, Smith e Talbot (2019) o potencial da utilização de aplicação de RV em telefones celulares é o valor: enquanto o *hardware* e o *software* de RV custam mais de US\$ 3.000,00, a utilização de RV em telefones celulares custa US\$ 400,00 que é o custo do suporte e do aplicativo de RV para o celular.

Sendo assim, o tema apresentado levanta novos desafios que precisam ser explorados, a seguir são apresentadas as limitações tecnológicas e os códigos mencionados pelos participantes do grupo experimental em relação a elas.

5.2.7 Limitação Tecnológica

A princípio, esse é um tema comum encontrado na literatura, como se identificou no levantamento teórico do capítulo desta pesquisa.

Para esse tema levantaram-se três códigos, o primeiro diz respeito ao fato de que a “RV não simula o mesmo ritmo e peso do equipamento do posto de trabalho”. No trecho a seguir, menciona-se essa questão:

Trecho 18: “A RV é perto da realidade, porque esse é um óculos de realidade virtual, então ali na realidade você observava os detalhes, ali você não consegue tanto detalhe assim. Já no posto de trabalho, você tem a noção do peso, e ali como você está só simulando você não tem noção de peso, por exemplo, utilizando a pinça que você vai sentir o cansaço físico” (ENT_15).

Esse desafio levanta a necessidade do aperfeiçoamento da tecnologia em estar ainda mais próxima da realidade. Os entrevistados gostariam de realizar o treinamento com simulador virtual com a mesma precisão, como o mesmo peso e ritmo que eles executam no dia a dia. Nesse sentido, acrescentar essa precisão à utilização dos cinco sentidos, à temperatura do ambiente, assim se pode alcançar uma perfeição.

Um segundo código sob esse tema se refere ao “Software RV instável e travamento”, representado pelo trecho 19:

Trecho 19: “O programa ficava caindo, o instrutor precisou reiniciar o sistema algumas vezes” (ENT_03).

Alguns entrevistados relataram uma instabilidade no sistema da RV. A utilização do *software* que faz o processamento para o equipamento de RV exige um equipamento de *hardware* compatível, caso não haja compatibilidade, ocorre essa instabilidade. Um terceiro código, também relacionado à limitação tecnológica, diz respeito aos “Gráficos de RV não serem iguais ao ambiente real”, o trecho 20 abaixo demonstra esse código:

Trecho 20: “Acho que o gráfico precisa deixar mais realista” (ENT_05).

Alguns entrevistados relataram, ainda, que é necessária uma melhoria no *design* gráfico do simulador, o qual estava longe de apresentar a realidade do seu dia a dia, que a qualidade gráfica precisava chegar à perfeição.

No que se refere à limitação tecnológica, identificou-se uma barreira tecnológica que impede os melhores resultados no processo de aprendizagem. No experimento, esse tema se relaciona à interação usuário-tecnologia e é dificultada por fatores ligados ao *software* e ao *hardware*, os quais, por sua vez, precisam ser melhorados. Os participantes

precisam encontrar um ambiente virtual mais próximo da realidade, além de que não pode haver travamentos. Encontrou-se novas tecnologias que superam essa barreira tecnológica, tais como: a tecnologia *Star VR*, adaptação de diferentes parâmetros da visão ao tipo do usuário, melhorando a acomodação visual (BAXTER; HAINEY, 2019); há uma tecnologia que incorpora o uso de luvas de RV, como a *Manus VR* do fabricante *HTC Vive*, que identificam os movimentos dos dedos de um indivíduo e está ciente da posição de seus dedos (FUCHS *et al.*, 2017), e as esteiras omnidirecionais, as quais permitem que os usuários se locomovam com liberdade de 360°, mantendo sua posição fixa no mundo físico (HOOKS *et al.*, 2020).

Apresentam-se, neste capítulo, os resultados qualitativos e quantitativos observados nesta pesquisa. Os resultados qualitativos levantados sugerem a significativa absorção do conhecimento com a aplicação do questionário do Anexo C, tanto do grupo experimental como do grupo de controle. Também são abordados um gráfico comparativo do nível de satisfação de ambos os métodos de treinamentos. Logo após apresentam-se os resultados qualitativos, através da análise temática com categorização dos principais temas separados entre benefícios e desafios encontrados na entrevista semiestruturada realizada no grupo do experimento. Esses resultados abrem caminho para a discussão, que é apresentada no próximo capítulo.

6 DISCUSSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a retenção do conhecimento ministrado no treinamento de segurança do trabalho com a aplicação em funcionários de uma indústria automobilística. Nessa etapa final da dissertação, discutem-se os resultados desse experimento à luz da literatura, bem como são relacionados ao objetivo de pesquisa do trabalho.

Nesse sentido, todo processo de aplicação de treinamento se inicia por uma necessidade identificada pela organização. No experimento, aplicou-se treinamentos em colaboradores que necessitavam realizar uma reciclagem anual do conhecimento em segurança do trabalho. Sem essa necessidade da organização, que é levantada pelos gestores, a medição do aumento da aderência na aprendizagem é comprometida. Pois todos os colaboradores necessitam entender o objetivo da aplicação de um treinamento, para assim entenderem a mudança de competência que a organização espera. Esse processo é chamado de “macroambiente industrial”, que envolve toda mudança de estratégia da organização para o aumento da competitividade e o atingimento de seus resultados levanta uma necessidade de mudança de atitudes e de competências de seus colaboradores. Esse conceito é verificado nos estudos de variáveis associadas ao macroambiente, como por exemplo os objetivos para aumento de vendas e as estratégias competitivas incluídas nas organizações nos trabalhos de: Wheelen e Hunger (1992), Rue e Holland (1986), Certo e Peter (1988), Montanari, Morgan e Bracker (1990), e Thompson Jr. e Strickland (1992).

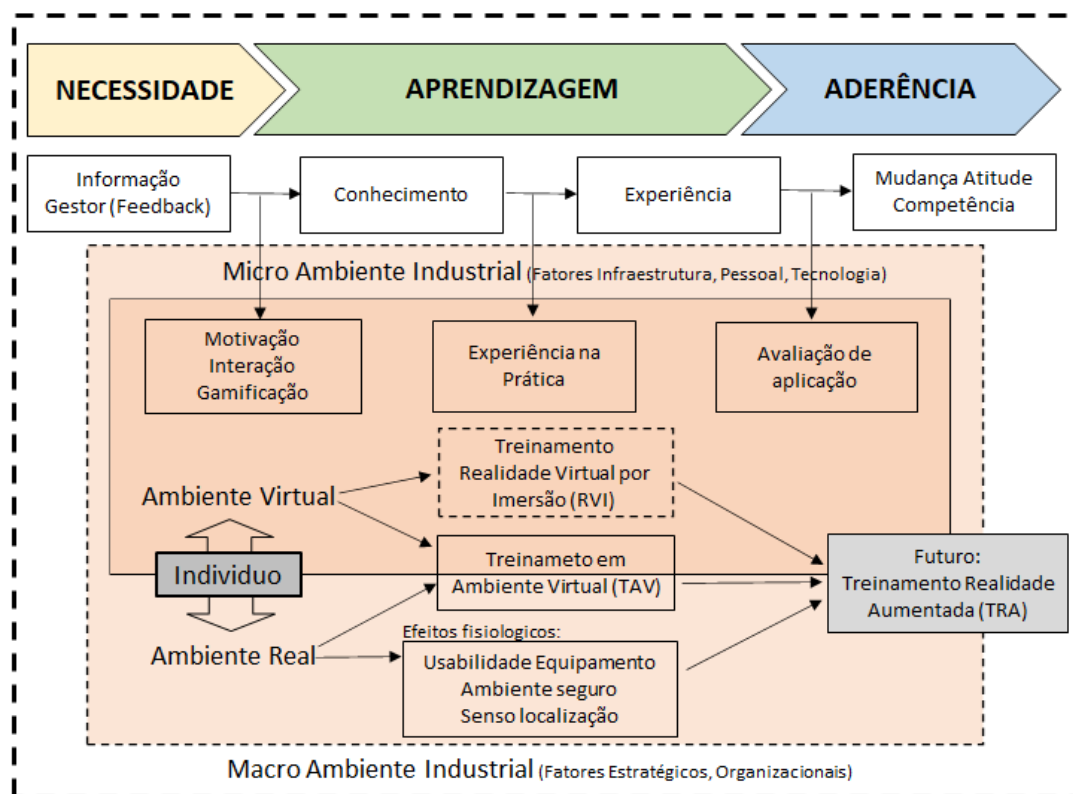
Por meio do experimento, do treinamento de RV, identificou-se fatores-chave que interferem no microambiente. Para Tibiriça (2001), os quatro aspectos fundamentais que compõem um sistema industrial são chamados de microambiente: máquinas/equipamentos, processos de produção; e o ser humano operador. Os fatores do microambiente são chaves para o alcance da aderência de um treinamento, como se identificou nos resultados quantitativos da análise temática, os efetivos comportamentais (QUADRO 8) positivos como motivação, interação e gamificação, além da simulação da experiência prática com poucos riscos. O indivíduo está inserido nesse microambiente ao interagir com o ambiente virtual e com o ambiente real, como se observou no experimento, ao se avaliar o nível de satisfação dos participantes logo após os treinamentos (GRÁFICO 3).

Dessa forma, dependendo do tipo de tecnologia virtual que é aplicada no treinamento, como realidade virtual por imersão (RVI) ou treinamento em ambiente virtual (TAV), pode ocorrer barreiras que interferem no alcance da aderência. Assim, destacam-

se as principais barreiras que surgiram durante a aplicação do experimento que não tinham sido levantados na literatura: a falta de segurança e a falta do senso de localização, que se evidenciaram nos resultados como relação integridade física (ver Quadro 9). Outro desafio é sobre a baixa usabilidade dos equipamentos de RV, esse foi explorado por muitos estudos como um desafio para essa tecnologia em treinamentos (HETTIG; ENGE-LHARDT; HANSEN; MISTELBAUER, 2018; TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019; WOLFARTSBERGER 2019). Assim, mapeou-se uma tecnologia em evolução a RA que se acredita ser o futuro para aplicação em treinamentos.

A partir desse entendimento, desenvolveu-se um *framework*, conforme a Figura 1. Para detalhar e discutir, esse capítulo se divide em seis subseções. Em primeiro lugar, exploraram-se as etapas para realizar um processo de treinamento com um bom alcance da aderência, num segundo momento, discutiu-se o impacto da tecnologia de realidade virtual por imersão em treinamentos (RVI). Em terceiro lugar, detalharam-se os treinamentos em ambiente virtual (TAV), para, em seguida, apresentar-se o futuro da tecnologia virtual com os avanços da VRI e a aplicação da realidade aumentada (TRA) para treinamentos. Por fim, debate-se a contribuição deste para a teoria e para a prática.

Figura 1 Framework Processo Treinamento Virtual



Fonte: o autor (2022).

6.1 PROCESSO DE APLICAÇÃO DE TREINAMENTO

Conforme apresentado no *framework*, o processo de aplicação de melhoria e evolução do conhecimento deve ocorrer para todas as metodologias de ensino, devendo-se, para isso, seguir as etapas de necessidade, aprendizagem e o alcance da aderência (TACHIZAWA *et al.* 2006). O aumento na aderência do conhecimento confirmou os resultados dessa pesquisa, como observado na elevação da média de acertos das respostas na comparação entre pré e pós teste de conteúdo, tanto no grupo experimental (TABELA 2) quanto no grupo de controle (TABELA 3). Ao se comparar a aderência em ambos os grupos, identificou-se um melhor resultado no grupo que realizou o treinamento com a RVI (TABELA 4). Mas, independentemente do método de treinamento, esses resultados precisam ser avaliados e confirmados para suportar o atingimento dos resultados da organização.

Assim como aponta Almeida (2007), as funções de treinamento e desenvolvimento de pessoas nas organizações adquirem um papel de preparação de indivíduos para o exercício satisfatório de suas atividades, especificamente no cargo que ocupam. Além disso, o processo de aplicação de um treinamento é uma fonte de lucratividade ao permitir que as pessoas contribuam efetivamente para os resultados do negócio, sendo uma maneira eficaz de agregar as pessoas, a organização e os clientes (CHIAVENATO, 2010). As etapas para o alcance dos resultados da retenção do conhecimento de um treinamento precisam respeitar as etapas sugeridas por Chiavenato (2010), que são: diagnóstico, com levantamento das necessidades de treinamento e elaboração do programa que atenderá às necessidades diagnosticadas; a aplicação e a condução do programa de treinamento, e a avaliação dos resultados obtidos a partir dele.

Em cada uma das etapas entre levantamento da necessidade, aplicação do treinamento e avaliação da aderência, identificou-se fatores que influenciam o microambiente, e se diferenciam dos métodos tradicionais de treinamento em sala de aula, (ver Figura 1). De acordo com os resultados, obteve-se aderência aos conteúdos de 5S e Instrução de trabalho relacionados à segurança do trabalho no treinamento com RV, quando comparado ao treinamento tradicional (TABELA 4). Na revisão de literatura, observou-se estudos que realizaram comparativos desses dois métodos de treinamento em segurança do trabalho e encontraram resultados satisfatórios no uso da RVI (SACKS; PERLMAN; BARAK, 2013; ZAALBERG; MIDDEN, 2013). Por outro lado, a literatura apresenta

estudos que não identificaram diferença na aprendizagem entre os métodos em treinamento de segurança (GAVISH *et al.*, 2015; MORENO; MAYER, 2002; PERSKY *et al.*, 2009).

Dessa forma, os resultados nos mostraram que o treinamento com RV não deve ser aplicado em todos os tipos de conteúdo de segurança do trabalho. Por exemplo, nesta pesquisa, os resultados não apresentaram nenhum nível de aderência em relação ao conteúdo sobre EPI (TABELA 4). Nesse sentido, um treinamento com RV exige a identificação de um conteúdo específico a ser abordado por meio do *feedback* do gestor para o indivíduo. Isso deve ser feito na etapa do levantamento da necessidade demandada, baseado nos objetivos anuais da organização que precisam ser desdobrados para o nível operacional. Esse é o fator chave como dado de entrada para o alcance da aderência de um treinamento com RV, sendo assim os fatores do macroambiente externo.

No desenvolvimento desta pesquisa, seguiram-se as etapas de evolução do conhecimento a fim de confirmar o nível de aderência ao método de RV. Na análise temática, destacaram-se os fatores fisiológicos que impactam o indivíduo no ambiente real, assim como identificou-se no *framework* da Figura 1, como parte do microambiente industrial. Os resultados apresentam que o aumento do grau de interação, motivação e envolvimento do trabalhador durante o treinamento no ambiente virtual é proporcional ao nível de aprendizagem e à absorção do conteúdo. Dessa forma, segundo Gorecky, Khamis e Mura (2017), a implicação do usuário é baseada em jogos e oferece uma interface atraente e intuitiva, tendo como resultado a transferência de conhecimento. Esse processo, conhecido na literatura como gamificação, também foi observado nos resultados desta pesquisa. O treinamento com RV resulta em uma atração comparada aos videogames, com a diversão de jogos interativos, até mesmo com participação coletiva (FENG; GONZÁLEZ; AMOR; LOVREGLIO; CABRERA-GUERRERO, 2018, ALREHAILI; OSMAN, 2019).

Por outro lado, identificou-se poucos estudos que relacionam a utilização de RV a treinamentos com participação coletiva para gerar um senso de competição entre os participantes do treinamento, esta seria uma proposta para novos desenvolvedores para aumentar ainda mais o envolvimento dos participantes. Encontrou-se esta afirmação no estudo de Sims (2007) que aplicou a dramatização e a aprendizagem coletiva no treinamento de RV para melhorar a motivação do aprendiz e a retenção de conhecimento. Desse modo, o entusiasmo e o senso de competição também devem ser considerados para promover a aprendizagem (EISON, 2010).

Sobre o diferencial do comportamento do participante ao se aplicar o processo de aprendizagem com método de RV, o papel de simulador virtual no treinamento com RV busca dar ao aprendiz a uma experiência “prática”, essa experiência foi desenvolvida para a área militar (HARMON; KENNEY, 1994), transferindo o conhecimento para a área educacional (MORENO; MAYER, 2002) e migrando também para a indústria (RUBIO; SANZ; SEBASTIÁN, 2005). Assim, destaca-se, na Figura 1 em microambiente, que essa experiência como um simulador virtual evidencia um aumento do interesse em aplicar RV para fins educacionais, com o desejo dos participantes sobre o conteúdo de aprendizagem voltado para a prática. Com base nos resultados encontrados, acredita-se que o verdadeiro potencial da RV não está em melhorar a metodologia de ensino, mas oferecer a oportunidade de “aprender fazendo” ao aprendiz e alcançar os resultados esperados durante e após o treinamento. Essa afirmação também é destacada na literatura, como nos estudos de Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002), Kwon *et al.* (2006) e Lu e Davis (2018).

No desenvolvimento do *framework*, apresentou-se, dentro do microambiente industrial, a interação entre o ambiente virtual e ambiente real que é necessária durante a realização do treinamento com RV. No experimento, levantou-se barreiras como fatores fisiológicos ao indivíduo que podem influenciar no alcance da aderência. Esses fatores foram identificados com o tema “Integridade física”, ao se realizar a análise temática do conteúdo das entrevistas. Além disso, não se encontrou esse desafio no levantamento da literatura (QUADRO 2).

Quando se aplica um treinamento de segurança do trabalho em uma indústria, antes de qualquer conteúdo a ser apresentado, é necessário garantir a segurança dos trabalhadores. Em um treinamento com RV não é diferente, o ambiente físico onde ocorre o treinamento com RV deve ser organizado e preparado para que os participantes possam se sentir seguros e focar nas atividades do ambiente virtual. A usabilidade com o equipamento requer prática, o sensor de localização é comprometido ao utilizar os óculos de RV (FENG; GONZÁLEZ; AMOR; LOVREGLIO; CABRERA-GUERRERO, 2018, STAVROULIA *et al.*, 2019, TRANHAN *et al.*, 2019). Dessa forma, a instalação dos equipamentos deve ocorrer em um ambiente com espaço físico suficiente para movimentação livre e sem obstáculos próximos, com alertas sonoros ou barreiras virtuais para alertar o participante. Diretamente ligado ao realismo de uma experiência virtual, a presença de

referências ambientais reais ou referências físicas do mundo real devem ser eliminadas para um treinamento altamente realista (HARMON; KENNEY, 1994).

Por fim, ao explorar esses fatores fisiológicos, destaca-se, em nosso *framework*, os três tipos de tecnologias aplicadas em treinamento, a RV por imersão (RVI), o ambiente virtual (AV) e a RA. Essas tecnologias podem gerar maior e menor impacto no indivíduo, assim, essa pesquisa identifica um tipo de tecnologia que pode superar essas barreiras fisiológicas. Em sequência discutem-se esses tipos de tecnologias e como elas podem influenciar no nível de aderência do treinamento com RV.

6.2 IMPACTO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE VIRTUAL POR IMERSÃO

Ao se avaliar a retenção de conhecimento nesta pesquisa, utilizou-se a tecnologia de realidade virtual por imersão (RVI) para a aplicação na indústria automobilística e contamos com participantes que atuam como operadores de produção. Destacou-se essa tecnologia no microambiente virtual do *framework* desenvolvido. Assim foram observados resultados de aderência de treinamento positivas com a utilização dessa tecnologia na comparação com um treinamento tradicional (TABELA 4). Apesar desse resultado, identificaram-se quatro estudos nos quais os autores citaram não haver retenção do conhecimento na aplicação do treinamento via RVI, esses estudos foram realizados em laboratórios de universidades, com estudantes de graduação (MORENO; MAYER 2002, BAXTER; HAINEY, 2019, ALREHAILI; OSMAN, 2019, CHANDRASIRI, 2020).

Apesar desse resultado, não se evidenciou nenhum estudo que tenha utilizado o mesmo fabricante de RVI e o mesmo *software* (*SteamVR*) na aplicação de simulador em treinamento. Além disso, no levantamento da literatura, encontraram-se seis estudos que realizaram o comparativo de absorção do conhecimento antes e logo após o treinamento, conforme o modelo de Kirkpatrick (1976). Mas avaliar a retenção do conhecimento logo após o treinamento é uma fraca evidência. Muitas informações aplicadas no treinamento são esquecidas, caso não sejam utilizadas e praticadas na rotina do aprendiz, conforme o estudo de Sacks, Perlman e Barak (2013). No experimento realizado nesta pesquisa, realizou-se o comparativo de absorção do conhecimento antes, logo após o treinamento, e um acompanhamento após 60 dias do treinamento. Identificou-se esse mesmo procedimento nos estudos de Sacks, Perlman e Barak (2013), Alrehaili e Osman (2019), Meyer, Omdahl e Makransky (2019) e Ding, Brinkman e Neerinx (2020). A partir disso,

confirmou-se a absorção do conhecimento após esse período do treinamento, como pode ser observado na Tabela 2.

Entretanto, um fator negativo dessa tecnologia é que o indivíduo não tem interação com o ambiente real, como foi identificado na Figura 1. Esse também é um dos fatores que pode impactar negativamente no nível de aderência do conhecimento. Nesse sentido, a usabilidade do equipamento no treinamento pode influenciar o comportamento do participante (HETTIG; ENGELHARDT; HANSEN; MISTELBAUER, 2018; WOLFARTSBERGER, 2019). Embora se tenha encontrado estudos que apresentam muitos benefícios, com mudanças positivas de comportamento dos participantes, é necessário avaliar os aspectos negativos no comportamento: como medo, ansiedade, estresse e alta carga mental, fatores os quais alteram os resultados da aprendizagem e causam baixa retenção do conteúdo (ROOIJ *et al.*, 2019, STAVROULIA *et al.*, 2019). Tais aspectos precisam ser observados na utilização da RV em sala de treinamento. Isso foi confirmado pelo estudo de Feng, González, Amor, Lovreglio e Cabrera-Guerrero (2018), em que se utiliza sensores de atividade eletrotérmica para avaliar o medo e a ansiedade, de foto ple-tismografia para obter a amplitude de pulso de volume sanguíneo e um gravador fisiológico multicanal para medir as respostas emocionais dos participantes.

Conforme se verificou no *framework* do microambiente virtual, essa tecnologia não permite ao indivíduo ter contato com o ambiente real. Outros tipos de tecnologias que minimizam esse fator negativo da RVI são as tecnologias de Treinamento Ambiente Virtual (TAR) que também são utilizadas na aplicação de treinamentos. Exploram-se, a seguir, essas tecnologias.

6.3 IMPACTO DA TECNOLOGIA DE AMBIENTE VIRTUAL

Outro modelo que foi destacado na Figura 1 é a tecnologia de treinamento de ambiente virtual (TAV), a qual tem um menor impacto nos fatores fisiológicos do indivíduo que realiza o treinamento. Diferentemente da realidade virtual por imersão, esse tipo de tecnologia utiliza monitores, controle de *joysticks*, fones de ouvido, teclado e mouse (JOU; WANG, 2013; BERTRAM *et al.*, 2015). Nesse sentido, colocou-se no *framework* essa tecnologia com interação tanto no ambiente real quanto no ambiente virtual. Apesar de minimizar os fatores fisiológicos do indivíduo, o impacto na retenção do conhecimento também é menor, pelo fato de não envolver uma total experiência prática dos participantes

durante a simulação. Observou-se esse fator nos resultados quantitativos positivos da pesquisa, ao se explorar o tema “Retenção do conhecimento”, na análise temática.

Nesse sentido, dois estudos similares não obtiveram resultados de aderência ao treinamento a partir do uso da tecnologia TAV: Su *et al.* (2013), que aplicou a TAV em dois grupos da pesquisa com o objetivo de aprender habilidades de controle de escavadeiras de construção, realizando-se uma avaliação após o treinamento. Gavish *et al.* (2015), nesse sentido, utilizou a TAV no treinamento de tarefas de manutenção na montagem industrial, realizando também uma avaliação após o treinamento.

Portanto, independentemente do tipo de tecnologia a ser utilizado na aplicação do método de treinamento virtual, o foco deve ser em obter um treinamento eficiente para tarefas complexas, baseado em conhecimentos, habilidades e atitudes que sejam relevantes para a tarefa treinada (SALAS; CANNON-BOWERS, 2000). Observou-se, em nosso resultado, que os fatores individuais, que chamamos de “fatores fisiológicos”, são a chave para alcançar a aderência a um treinamento. Os fatores individuais, de intervenção, e ambientais devem ser levados em consideração para determinar as melhores formas de promover a transferência (BALDWIN; FORD, 1988, BURKE; HUTCHINS, 2007, HOLTON, 1996, YAMNILL; MCLEAN, 2001).

Por fim, discutiu-se, nessa pesquisa, por meio da apresentação do *framework*, as tecnologias de RVI e TAV com seus pontos positivos e negativos para garantir a aderência no treinamento. A seguir trata-se de novas tecnologias de RVI que podem melhorar os fatores fisiológicos do indivíduo e discutimos a tecnologia de RA, que é o futuro no desenvolvimento da aprendizagem humana.

6.4 O FUTURO DO TREINAMENTO VIRTUAL

A evolução da tecnologia é perceptível, assim como a evolução de estudos que, nos últimos anos, aplicaram a realidade virtual em diversas áreas. Com essa evolução, ocorrem impactos positivos na aderência do conhecimento entre os participantes, graças também às melhorias na usabilidade do equipamento (SHI; DU; AHN; RAGAN, 2019). A maior parte da evolução da RV está conectada ao ambiente virtual realista e a um ambiente de alta fidelidade, com gráficos complexos e de alta qualidade, simulando o ambiente real perfeito (PÉREZ; DIEZ; USAMENTIAGA; GARCÍA, 2019). Esse tipo de componentes tecnológicos foi inserido no *framework*, como parte importante para o microambiente interno.

Nesse sentido, nos resultados qualitativos (QUADRO 9), foi encontrado o tema “Limitação Tecnologia”, ligado à qualidade gráfica do ambiente virtual. No experimento, utilizou-se um equipamento com resolução gráfica em duas telas de 1080 x 1200 *pixels*. Mesmo assim, obtiveram-se resultados satisfatórios na retenção do conhecimento, quando comparado ao treinamento tradicional (TABELA 4). Apesar desses resultados, encontrou-se um novo equipamento do mesmo fabricante, o *VIVE flow*, com uma resolução gráfica ainda melhor, 1600 x 1600 *pixels* para cada olho. Essa evolução da tecnologia pode trazer uma melhor usabilidade para o indivíduo.

Além disso, toda organização necessita planejar o treinamento com RV com flexibilidade para se adaptar às necessidades das mudanças do macroambiente externo ligadas a fatores estratégicos da organização e planejar a atualização do microambiente como a manutenção do equipamento e de *software* e de *hardware* (PEREZ *et al.*, 2019). Além disso, identificou-se no experimento (QUADRO 9) um outro desafio relacionado a infraestrutura organizacional que está inserido no microambiente interno que também precisa fazer parte do planejamento da organização. Apesar desse fator ser um desafio para indústrias e organizações, o investimento futuro em tecnologias de RV no mercado financeiro está projetado para chegar a 44 bilhões de dólares até 2024 (TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019).

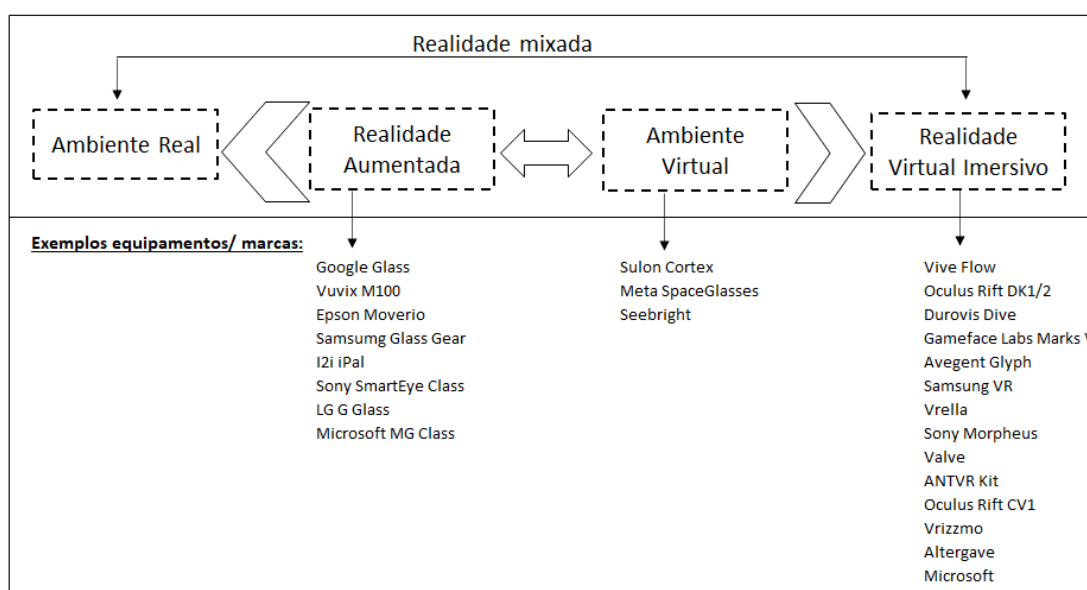
Nesse sentido existem alternativas de baixo custo que podem ser utilizadas para treinamentos com RV. Uma solução alternativa é a aplicação do RV a partir de aparelhos celulares. Como uma grande parte da população mundial já disponibiliza aparelhos celulares, é uma opção que pode ser conectada a RVI's mais baratos, tais como: o *Samsung Gear VR*, que custa menos de \$50,00 dólares. Encontrou-se pesquisas que realizaram experimentos com essa tecnologia de baixo custo em treinamentos que tiveram resultados positivos no nível de retenção do conhecimento (MEYER; OMDAHL; MAKWANSKY, 2019).

Pensando no futuro da tecnologia de realidade virtual em treinamentos, levantou-se evidências com alternativas importantes que podem ser capitalizadas para a indústria. Porém, essas alternativas estão focadas no tipo de tecnologia de RVI e, conforme apresentou-se no *framework*, por mais que haja uma evolução dos aparelhos, ainda existem fatores fisiológicos que geram desconfortos no indivíduo. Os estudos citados nessa pesquisa mostram que a próxima geração de aplicação de treinamento em ambiente virtual está relacionada à RA. Essa tecnologia é comparável ao TAV, com interação em ambiente

virtual e real, porém, com um processo de interação do usuário muito próximo ao da RV (HETTIG; ENGELHARDT; HANSEN; MISTELBAUER, 2018, LI *et al.* 2018).

A fim de melhorar esse entendimento, apresenta-se a seguir um *framework* (FIGURA 2), realizando-se uma adaptação do processo de RV e de RA da pesquisa de Li *et al.* (2018). Nesse sentido, criou-se um processo de RVI e RA focada na aplicação em treinamentos, com o objetivo de alcançar a retenção do conhecimento. Também se acrescentaram os exemplos de equipamentos e marcas para cada tipo de tecnologia.

Figura 2– *Framework* identificação da realidade ambiente e da RVI



Adaptado de: Li *et al.* (2018).

Esse *framework* poderá suportar as aplicações de RA ou de RVI, e qual o melhor equipamento para cada tipo de treinamento e, assim, focar no alcance da aderência. Do mesmo modo como observado no estudo de Webel, Bockholt, Engelke, Gavish, Olbrich e Preusche (2013), que aplicou um treinamento de procedimentos à equipe de técnicos de manutenção, utilizando a tecnologia de RA e que resultou na retenção do conhecimento dos participantes. Por outro lado, a depender do tipo de conteúdo e da competência que se necessita alcançar, a tecnologia de RA é melhor que a RV, como se observou no estudo de Hettig, Engelhardt, Hansen e Mistelbauer (2018), que avaliou visualizações e orientações cirúrgicas com treinamentos de médicos utilizando RA e RV, cujos resultados mostram que os cirurgiões têm mais confiança em suas decisões, quando suportados por visualizações de RA.

É importante, ainda, diferenciar essas tecnologias. Para melhorar esse entendimento, a RV tenta substituir a percepção do usuário do mundo ao redor por um ambiente 3D artificial gerado por computador. Esse ambiente virtual não precisa ser estabelecido com base em um ambiente real, mas deve contar com recursos visuais e imersivos para permitir que os usuários sintam uma sensação “real” (BENFORD; GREENHALGH; REYNARD; BROWN; KOLEVA, 1998). No entanto, ele só pode fornecer um nível limitado de realismo devido à falta de *feedback* sensorial para acomodar pontos de vista perceptivos e cognitivos, como se identificou no levantamento dos resultados qualitativos de nossa pesquisa. Assim, como uma tecnologia emergente, a RA integra imagens de objetos virtuais a um mundo real. Ao inserir os protótipos virtualmente simulados no mundo real e criar uma cena aumentada, a tecnologia de RA poderia satisfazer e melhorar a percepção de uma pessoa com modelos virtuais ligadas a ambientes reais. Isso gera ao mundo virtual uma conexão melhorada com o mundo real, mantendo a flexibilidade do mundo virtual (HOU; WANG; BERNOLD; LOVE, 2013).

Nesse sentido, é preciso pensar no futuro, com a interação das tecnologias de RA e RVI em conjunto com a aplicação de inteligência artificial (IA). Nas bases científicas pesquisadas, foram diagnosticadas poucas pesquisas focadas nessa interação. Desenvolver tecnologias de IA para aplicativos de RA ou RV abre caminho para novas pesquisas. Com a IA, os usuários de RV terão a oportunidade de interagir com personagens dentro de realidade aumentada ou virtual e fazer trocas dinâmicas com eles. Essa funcionalidade requer IA para a compreensão de linguagem natural, comportamentos guiados por computador e geração de comportamentos não verbais para expressar emotividade (TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019).

Atualmente, já existe tecnologia com visão computacional, permitindo que os sistemas de IA reconheçam objetos, pessoas e suas ações em ambientes do mundo real (TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019). Assim, essa tecnologia semelhante pode ser aplicada nos ambientes de realidade virtual e aumentada, com mapeamento dos espaços 3D, permitindo que a RV habite espaços do mundo real, mantendo regras consistentes e posicionamento de elementos virtuais. Além disso, sistemas de visão computacional mais sofisticados que incluam inteligência artificial multimodal com interação de personagens humanos virtuais serão capazes de perceber o estado emocional e as expressões do usuário humano e adaptar seu comportamento em conformidade com elas. Experimentos com avatares virtuais interativos emocionais mostraram-se promissores, interagindo

reciprocamente, combinando expressão e postura não-verbal, respondendo ao tom vocal e à expressão facial (TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019). Dessa forma, essa interação de tecnologias poderá eliminar os fatores fisiológicos apresentados no *framework* (FIGURA 1), colhendo resultados de retenção (TABELA 2) ainda melhores.

Neste estudo, enfim, levanta-se discussões sobre o impacto da tecnologia na retenção do conhecimento. Com esse intuito, apresenta-se o desenvolvimento de um *framework* que mostra o processo de levantamento da necessidade, da aprendizagem e da aderência do treinamento. Esse processo é necessário para qualquer método de treinamento, não sendo uma peculiaridade o método de realidade virtual. A seguir, exploram-se as implicações dessa pesquisa para o conhecimento e para a prática.

6.5 IMPLICAÇÕES PARA O CONHECIMENTO

Em nosso estudo, levantou-se a hipótese de que a aderência do treinamento não pode ser medida somente após o treinamento, mas também confirmada após um determinado período de aplicação para observar se, na prática, se a aderência se mantém. Por outro lado, encontrou-se estudos que confirmaram a eficácia do treinamento com RV, com avaliação somente antes e após o treinamento, não seguindo uma verificação da aderência após o período de aprendizagem (ROLDÁN; CRESPO; MARTÍN-BARRIO; PEÑA-TAPIA; BARRIENTOS, 2019, ALREHAILI; OSMAN, 2019, MEYER; OMDAHL; MAKRANSKY, 2019).

Dessa forma, a principal contribuição para a teoria desta pesquisa são as evidências fornecidas por nossos resultados, as quais indicam que o grau de aderência ao conhecimento é maior no método de RV que nos métodos tradicionais de treinamento em sala de aula. Essa aderência é confirmada não somente após o treinamento, mas também se mantendo após 60 dias (TABELA 4). No levantamento da literatura, não foi diagnosticado esse tempo de acompanhamento de aderência após a aplicação do treinamento com RV.

Por meio dos resultados (ver Quadro 8) identificou-se que o *feedback* na RVI é imediato, pois verifica-se a possibilidade de o participante aprender com seus erros, isso é um componente positivo essencial no processo de aprendizagem com RV. Observou-se também que a aplicação de treinamento com RVI é um método que substitui os simuladores reais que exigem riscos ao aprendiz, como, por exemplo, nos estudos de

emergências em incêndios (GAMBERINI; COTTONE, SPAGNOLI; VAROTTO; MANTOVANI, 2003, KWEGYIR-AFFUL; HASSAN; KANTOLA, 2021).

Também por meio do levantamento teórico de nossa pesquisa realizou-se uma revisão sistemática da literatura que contribui para o conhecimento, fornecendo uma revisão completa e abrangente, assim como uma relação de benefícios e desafios que a tecnologia da realidade virtual pode fornecer para futuros estudos. Nesse levantamento, encontrou-se apenas uma pesquisa comparável ao nosso experimento na área da indústria que utilizou a tecnologia do tipo RVI para a aplicação de treinamentos (GAVISH *et al.* 2015). Assim, considerou-se que esta pesquisa, realizada em uma indústria automobilística, ajudará outros pesquisadores que buscam focar também nessa área de estudo.

Outra contribuição para a teoria foi o desenvolvimento de um *framework* (FIGURA 1) que ajuda os pesquisadores a entender o macroambiente externo com fatores estratégicos da organização para a aplicação de melhoria da aprendizagem com RV. Assim como qualquer método de treinamento, o método com RV também deve respeitar as etapas de levantamento da necessidade, a aplicação do treinamento e o alcance da aderência (TACHIZAWA *et al.*, 2006). Por meio deste *framework* levantaram-se os impactos no microambiente interno, como os fatores de infraestrutura, pessoal e tecnológicos. A interação do indivíduo é necessária entre o ambiente virtual e real, caso essa interação não ocorra, ocorrem efeitos fisiológicos como a falta de segurança e de senso de localização os quais afetam o alcance da aderência ao processo de aprendizagem. Esses efeitos fisiológicos são mais evidentes no treinamento com a tecnologia do tipo RVI.

Por fim, essa conexão demonstrada em nosso *framework* auxiliará pesquisadores a definir o melhor tipo de tecnologia, podendo ser RVI, TAV ou AR, a ser aplicada em um processo de melhoria da aprendizagem. Além disso, este estudo apresenta implicações para a prática, sugerindo diversas implicações para o uso da RV em treinamentos.

6.6 IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA

Nessa sessão apresentam-se as implicações gerenciais de nossa pesquisa, fornecendo uma estrutura abrangente para o entendimento dos gestores e dos funcionários que estão envolvidos na aprendizagem com o ambiente de treinamento imersivo em RV, bem como os impactos diretos e indiretos no processo de aprendizagem. Destaca-se como características para o participante da RVI: a experiência de aprendizagem, a usabilidade da tecnologia e o envolvimento durante o treinamento.

Os resultados desta pesquisa sugerem para as equipes de segurança do trabalho das indústrias a continuidade da utilização dessa tecnologia para a aplicação em treinamentos com foco nas regras de segurança, tanto para novos e antigos funcionários. A experiência tecnológica percebida pelos participantes propiciou envolvimento e motivação. No experimento, os participantes relataram perceber um realismo, o qual é fornecido pelo ambiente de RV e a experiência como se estivessem no posto de trabalho real, mas em um ambiente virtual. Foram ambos que contribuíram para a experiência de treinamento com a RV. Uma maneira de conseguir isso é por meio de abordagens de aprendizagem que combinam instrução e experiência (GRAHAM, 2006, MAKRANSKY *et al.*, 2018, DALGARNO; LEE, 2010).

Também se recomenda, para os líderes das organizações, a utilização da tecnologia de RV para ampliar as competências da equipe técnica a fim de auferir ganhos em indicadores de resultado como: qualidade, produtividade e redução de acidentes. Como levantado no experimento, durante a simulação, é importante o respeito às etapas do procedimento, as quais garantem uma padronização daquilo que deve ser produzido. Também se recomenda aos líderes manter a utilização dessa tecnologia de RV para a conscientização dos colaboradores sobre as regras de segurança, com o objetivo de reduzir os acidentes em ambientes de alto risco nas organizações. De tal modo que, segundo um levantamento realizado na organização em que se deu o treinamento avaliado nesta pesquisa, ocorreu uma redução de 28% na taxa de acidentes no último ano no departamento em que se aplicou o experimento.

Os resultados deste estudo podem ser usados para informar e orientar desenvolvedores de treinamento, profissionais e treinadores que desejam usar a RVI em treinamentos práticos, pois foram observados os benefícios e desafios na abordagem de análise temática detalhada no capítulo de resultados (ver quadros 8 e 10). Sobre os desafios, destaca-se o tema “integridade física” do aprendiz ao realizar o treinamento com RV, pois refere-se à segurança do participante durante o treinamento. O ambiente real onde ocorre o treinamento com RV deve ser organizado e preparado para que os participantes possam se sentir seguros e focar nas atividades do ambiente virtual. Por isso, a instalação dos equipamentos deve ocorrer em um ambiente com espaço físico suficiente e sem obstáculos próximos para a movimentação livre, com alertas sonoros ou barreiras virtuais para alertar o participante.

Outra contribuição prática é a necessidade de os formadores se sentirem confortáveis com a tecnologia e receberem treinamento adequado sobre como usá-lo de forma mais eficaz para fins de treinamento. Recomenda-se o uso de RV em conjunto e para complementar outras práticas/módulos de treinamento mais tradicionais (JONES, 2018). Levantou-se também novas alternativas para outras áreas com o objetivo de aumentar conhecimento, como a aplicação das luvas hápticas em projetos para auxiliar na antecipação de problemas ergonômicos (SALANITRI *et al.*, 2015). Relatou-se, no capítulo 5, novas alternativas tecnológicas para reduzir os desconfortos na utilização dos equipamentos como: sobrecarga cognitiva, dores de cabeça e enjoos (BAXTER, HAINEY, 2019, FUCHS *et al.*, 2017, MUÑOZ, NEGRÓN, HERNÁNDEZ, 2020). Para a evolução tecnológica da RA, adaptou-se, ainda, um *framework* (FIGURA 2) do processo de RV e da RA da pesquisa de Li *et al.* (2018), focada na aplicação de treinamentos com o objetivo de alcançar a retenção do conhecimento.

A fim de ampliar o conhecimento de gerentes e desenvolvedores, levantou-se, ainda, novas alternativas de baixo custo com o objetivo de reduzir o elevado custo na compra de equipamentos e no desenvolvimento do ambiente virtual de RV, que atualmente é considerada uma barreira importante nas organizações. Assim como apontou-se a existência de alternativas de baixo custo recém-lançados, podendo ser conectados ao celular com compatibilidade de aplicativos para realizar atividades de RVI. Esses equipamentos de RV alternativos, de baixo custo, podem ser utilizados para atingir um maior número de organizações (TRAHAN; SMITH; TALBOT, 2019). Por outro lado, conforme Bertram *et al.* (2015), Radianti, Majchrzak, Fromm e Wohlgenannt (2020), existe uma tendência de redução no preço dos equipamentos e um aumento da qualidade de imagem do ambiente virtual. Com isso, este estudo poderá encorajar os desenvolvedores e fabricantes a alavancar o desenvolvimento dessa tecnologia visando a um menor preço para as organizações.

Por fim, percebeu-se a evolução da tecnologia de RV durante os últimos anos, mas é preciso aperfeiçoá-la, tornando os equipamentos mais ergonômicos com melhoria no conforto do usuário que está realizando o treinamento. A melhoria também deve ocorrer no desenvolvimento dos ambientes virtuais e tornar comparável ao ambiente real no processo de simulação. Quando se atingirem esses objetivos poder-se-á considerar a tecnologia de RV revolucionária no processo educacional.

7 CONCLUSÃO

O estudo apresentado teve como objetivo avaliar a retenção do conhecimento ao ser ministrado um treinamento de segurança do trabalho a partir da comparação de dois grupos de trabalhadores de uma indústria automobilística, um utilizando tecnologia de RVI e outro tradicional em sala de aula. Diante disso, entende-se que existe uma maior eficácia na aderência do conhecimento ao se utilizar o método de RV, a qual se confirma logo após o treinamento e após 60 dias de sua realização. O treinamento com a RV demonstrou também ser mais eficaz em termos de aprendizado prático e igualmente eficaz em termos de aprendizado teórico. Além disso, o uso de sistemas de RV no treinamento de segurança melhora o envolvimento, o engajamento e, portanto, a satisfação dos trabalhadores.

Dessa forma, reforça-se a recomendação para as organizações a investir na utilização da tecnologia de RV e de RA com o aumento de competências de seus colaboradores. Assim como observado na literatura, essa tecnologia tem potencial para ampliar o conhecimento, principalmente em simulação de alta complexidade e de alto risco na segurança do trabalho para os funcionários. Para temas comuns que são abordados constantemente na organização, não se recomenda a utilização das tecnologias de RV e RA, assim como se identificou no experimento o tema de EPI. Recomenda-se, por fim, um investimento sobre um aumento de flexibilidade da utilização dessa tecnologia, para uma adaptação na dinâmica estratégica da organização.

No experimento, utilizou-se o modelo de Kirkpatrick (1976) adotado para avaliar o treinamento. No entanto, apesar do modelo sugerir cinco níveis de avaliação do treinamento, nesse estudo foram utilizados apenas os dois primeiros níveis para atender o objetivo principal desta pesquisa. Dessa forma, novos estudos, abordando os outros níveis de avaliação, podem ser realizados em outras indústrias, levando à descoberta de fatores como mudança comportamental do aprendiz e a resultados tangíveis nos indicadores de segurança do trabalho.

Para responder os objetivos secundários, exploraram-se, por meio da análise temática, os benefícios e os desafios da aplicação da realidade virtual em treinamentos de segurança do trabalho (ver Quadro 8 e 9). Além disso, houve contribuições para o conhecimento e para prática, pois desenvolveu-se um *framework* (ver Gráfico 2), com o objetivo de discutir melhorias no método de treinamento com RV, além de identificar

oportunidades de melhorias para equipamentos, *softwares* e desenvolvimento da tecnologia de realidade virtual.

Embora atingidos os objetivos propostos, reconhece-se que existem limitações nesta pesquisa. A primeira limitação está relacionada ao público do experimento, visto que não foram desenvolvidos pré-requisitos para realizar o treinamento com RV. Assim, a definição dos funcionários foi realizada pela própria organização, devido à necessidade de se realizar um treinamento de reciclagem de segurança do trabalho. Por isso, recomenda-se que futuros estudos considerem a inclusão de pré-requisitos, especialmente quando é altamente relevante para a tarefa de treinamento, para observar como isso afeta no nível de aderência.

Uma outra limitação se deve à característica do processo de soldagem na indústria automobilística, a qual é composta majoritariamente por homens e, em nosso experimento, todos os participantes são do gênero masculino. Para futuras pesquisas, recomendamos estender esse estudo de maneira mais inclusiva, a fim de investigar até que ponto pode haver impacto na retenção do conhecimento.

Além disso, devido ao impacto da pandemia da COVID-19 teve-se que adaptar o cronograma inicial (TABELA 1) de aplicação do treinamento do experimento. Esse cronograma era composto por cinco participantes em cada turma, porém, devido às regras sanitárias, os treinamentos com RV tiveram que ser realizados de maneira individual com o instrutor. Esse fator pode ter influenciado na discussão do conteúdo durante o treinamento entre os aprendizes, que pode gerar uma maior ampliação do nível de aderência a ele.

Este estudo, ainda, se baseou em apenas um cenário de treinamento com a RV. Percebeu-se que a adequação à tarefa da tecnologia com capacidade de abordar diversas tarefas é um fator crucial para uma aprendizagem eficaz. Será útil testar a estrutura com diferentes cenários de treinamento e diferentes plataformas de RV podem impactar ou não na retenção do conhecimento.

Como sugestão para futuras pesquisas recomenda-se a aplicação de treinamentos com experimentos de comparação para cada grupo, utilizando-se as tecnologias de RVI, TAV e a AR e assim realizar um levantamento dos benefícios e dos desafios de cada tecnologia e o nível da retenção do conhecimento. Também realizar mais pesquisas e experimentos em indústrias automobilísticas, utilizando novas tecnologias que melhoram a usabilidade e a interface homem-máquina.

Finalmente, a força de trabalho está envelhecendo e o treinamento de segurança está sendo cada vez mais ministrado por computador e por tecnologias de RV. O treinamento de segurança baseado na RV tem vantagens, mas é importante perceber que trabalhadores de diferentes idades podem se beneficiar de formas diferentes deste tipo de treinamento. Os programas de segurança baseados na RV devem ser projetados, programados e selecionados com base em sua capacidade de treinar efetivamente desde os participantes mais velhos até os mais jovens. Assim, é necessário desenvolver pesquisas para identificar a usabilidade dos equipamentos e dos conteúdos virtuais de RV em diferentes idades.

Desta forma, espera-se que os resultados e contribuições desta pesquisa possam motivar futuros estudos teóricos e práticos a fim de continuamente melhorar a tecnologia de RV com o aumento do nível na aprendizagem humana.

REFERÊNCIAS

- ABIDI, M. H., AL-AHMARI, A., AHMAD, A., AMEEN, W., ALKHALEFAH, H. Assessment of virtual reality-based manufacturing assembly training system. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 105, n. 9, p. 3743-3759, 2019.
- ALBERANI, Vilma; PIETRANGELI, P. De Castro; MAZZA, Anna Maria. The use of grey literature in health sciences: a preliminary survey. **Bulletin of the Medical Library Association**, v. 78, n. 4, p. 358, 1990.
- ALREHAILI, Enas Abdulrahman; AL OSMAN, Hussein. A virtual reality role-playing serious game for experiential learning. **Interactive Learning Environments**, p. 1-14, 2019.
- AVVEDUTO, Giovanni; TANCA, Camilla; LORENZINI, Cristian; TECCHIA, Franco; CARROZZINO, Marcello; BERGAMASCO, Massimo. Safety Training Using Virtual Reality: a comparative approach. **Lecture Notes In Computer Science**, [S.L.], p. 148-163, 2017. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_11.
- BAILEY, Rosemary A. **Design of comparative experiments**. Cambridge University Press, 2008.
- BALDWIN, Timothy T.; FORD, J. Kevin. Transfer of training: A review and directions for future research. **Personnel psychology**, v. 41, n. 1, p. 63-105, 1988.
- BANDURA, Albert. Social cognitive theory: An agentic perspective. **Annual review of psychology**, v. 52, n. 1, p. 1-26, 2001.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70 Ltda, 1977.
- BAXTER, Gavin; HAINEY, Thomas. Student perceptions of virtual reality use in higher education. **Journal of Applied Research in Higher Education**, 2019.
- BENFORD, Steve; GREENHALGH, Chris; REYNARD, Gail; BROWN, Chris; KOLEVA, Borianna. Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. **Acm Transactions On Computer-Human Interaction**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 185-223, set. 1998. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/292834.292836>.
- BERG, Leif P.; VANCE, Judy M. Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. **Virtual reality**, v. 21, n. 1, p. 1-17, 2017.
- BERTRAM, Johanna; MOSKALIUK, Johannes; CRESS, Ulrike. Virtual training: making reality work?. *Computers In Human Behavior*, [S.L.], v. 43, p. 284-292, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.032>.

BOYD JUNIOR, H. W.; WESTFALL, Ralph. Pesquisa mercadológica: textos e casos. **Rio de Janeiro: FGV**, 1987.

BRAHM, Francisco; SINGER, Marcos. Is more engaging safety training always better in reducing accidents? Evidence of self-selection from Chilean panel data. **Journal of safety research**, v. 47, p. 85-92, 2013.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative research in psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006.

BRAUN, V.; CLARKE, V. **What can “thematic analysis” offer health and wellbeing researchers?**. 2014.

BRYMAN, Alan. **Research methods and organization studies**. Routledge, 2003.

BRYSON, Alex. Health and safety risks in Britain's workplaces: where are they and who controls them?. **Industrial Relations Journal**, v. 47, n. 5-6, p. 547-566, 2016.

BURDEN, Christy et al. Implementation of laparoscopic virtual-reality simulation training in gynaecology: a mixed-methods design. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 170, n. 2, p. 474-479, 2013.

BURKE, Lisa A.; HUTCHINS, Holly M. Training transfer: An integrative literature review. **Human resource development review**, v. 6, n. 3, p. 263-296, 2007.

BURKE, Michael J.; SARPY, Sue Ann; SMITH-CROWE, Kristin; CHAN-SERAFIN, Suzanne; SALVADOR, Rommel O.; ISLAM, Gazi. Relative Effectiveness of Worker Safety and Health Training Methods. **American Journal Of Public Health**, [S.L.], v. 96, n. 2, p. 315-324, fev. 2006. American Public Health Association. <http://dx.doi.org/10.2105/ajph.2004.059840>.

BUTTUSSI, Fabio; CHITTARO, Luca. Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, v. 24, n. 2, p. 1063-1076, 2017.

BYSTROM, Karl-Erik; BARFIELD, Woodrow; HENDRIX, Claudia. A conceptual model of the sense of presence in virtual environments. **Presence: Teleoperators & Virtual Environments**, v. 8, n. 2, p. 241-244, 1999.

CAMPBELL, Donald T.; STANLEY, Julian C. **Delineamentos experimentais e quase experimentais de pesquisa**. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979.

CARREIRA, Paulo; CASTELO, Tiago; GOMES, Cristina Caramelo; FERREIRA, Alfredo; RIBEIRO, Cláudia; COSTA, Antonio Aguiar. Virtual reality as integration environments for facilities management. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 90-112, 19 fev. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-09-2016-0198>.

CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elzevir, 2010.

ÇAKIROĞLU, Ünal; GÖKOĞLU, Seyfullah. Development of fire safety behavioral skills via virtual reality. **Computers & Education**, v. 133, p. 56-68, 2019.

CERTO, S. C.; PETER, J. P. **Strategic Management: Concepts and Applications**. New York, NY: Randon House, 1988.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHAGAS, Anivaldo Tadeu Roston. O questionário na pesquisa científica. **Administração online**, v. 1, n. 1, p. 25, 2000.

CHEN, Chih-Ming; TSAI, Yen-Nung. Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 638-652, 2012.

CHITTARO, Luca; BUTTUSSI, Fabio. Assessing knowledge retention of an immersive serious game vs. a traditional education method in aviation safety. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, v. 21, n. 4, p. 529-538, 2015.

CHIZZOTI, A. Pesquisa em ciências humanas e sociais. São Paulo: Cortez, 1991. COLEMAN, J.S. Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. **Human Organization**. v.17, p. 28-36, 1958.

CHRISTIAN, Michael S.; BRADLEY, Jill C.; WALLACE, J. Craig; BURKE, Michael J.. Workplace safety: a meta-analysis of the roles of person and situation factors.. **Journal Of Applied Psychology**, [S.L.], v. 94, n. 5, p. 1103-1127, 2009. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/a0016172>.

COOPER, G.; PARK, H.; NASR, Z.; THONG, L. P.; JOHNSON, R.. Using virtual reality in the classroom: preservice teachers' perceptions of its use as a teaching and learning tool. **Educational Media International**, [S.L.], v. 56, n. 1, p. 1-13, 2 jan. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09523987.2019.1583461>.

CORDER, Gregory W.; FOREMAN, Dale I. **Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9781118211250.

DEDE, Chris. Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning. *In: International handbook of information technology in primary and secondary education*. Springer, Boston, MA, 2008. p. 43-62.

DE ROOIJ, Ilona JM *et al.* Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial. **Trials**, v. 20, n. 1, p. 1-10, 2019.

DEUTSCH, Judith e; BORBELY, Megan; FILLER, Jenny; HUHN, Karen; GUARERA-BOWLBY, Phyllis. Use of a Low-Cost, Commercially Available Gaming Console (Wii) for Rehabilitation of an Adolescent with Cerebral Palsy. **Physical Therapy**, [S.L.], v. 88, n. 10, p. 1196-1207, 1 out. 2008. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20080062>.

DHALMAHAPATRA, Krantiraditya; DAS, Souvik; MAITI, Jhareswar. On accident causation models, safety training and virtual reality. **International journal of occupational safety and ergonomics**, p. 1-17, 2020.

DING, Ding; BRINKMAN, Willem-Paul; NEERINCX, Mark A.. Simulated thoughts in virtual reality for negotiation training enhance self-efficacy and knowledge. **International Journal Of Human-Computer Studies**, [S.L.], v. 139, p. 102400, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102400>.

DI SERIO, Ángela; IBÁÑEZ, María Blanca; KLOOS, Carlos Delgado. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. **Computers & Education**, v. 68, p. 586-596, 2013.

DJUKIC, Tijana; MANDIC, Vesna; FILIPOVIC, Nenad. Virtual reality aided visualization of fluid flow simulations with application in medical education and diagnostics. **Computers in biology and medicine**, v. 43, n. 12, p. 2046-2052, 2013.

DUNAWAY, Michelle Kathleen. Connectivism: Learning theory and pedagogical practice for networked information landscapes. **Reference services review**, 2011.

DUFFY, Vincent G.; SALVENDY, Gavriel. Concurrent engineering and virtual reality for human resource planning. **Computers in Industry**, v. 42, n. 2-3, p. 109-125, 2000.

FARRA, Sharon L.; MILLER, Elaine T.; HODGSON, Eric. Virtual reality disaster training: translation to practice. **Nurse Education in Practice**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 53-57, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nepr.2013.08.017>.

FELICIA, Patrick (Ed.). **Handbook of research on improving learning and motivation through educational games**: Multidisciplinary approaches: Multidisciplinary approaches. iGi Global, 2011.

FENG, Zhenan; GONZÁLEZ, Vicente A.; AMOR, Robert; LOVREGLIO, Ruggiero; CABRERA-GUERRERO, Guillermo. Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: a systematic literature review. **Computers & Education**, [S.L.], v. 127, p. 252-266, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.002>.

FONSECA, João José Saraiva da. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

FOKIDES, Emmanuel; TSOLAKIDIS, Costas. Virtual reality in education: A theoretical approach for road safety training to students. **European Journal of Open, Distance and E-learning**, v. 11, n. 2, 2008.

FOSNOT, Catherine Twomey. **Constructivism: Theory, perspectives, and practice.** Teachers College Press, 2013.

FOSNOT, Catherine Twomey; PERRY, Randall Stewart. Constructivism: A psychological theory of learning. **Constructivism: Theory, perspectives, and practice**, v. 2, n. 1, p. 8-33, 1996.

FURIÓ, David; JUAN, M.-C.; SEGUÍ, I.; VIVÓ, R. Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 31, n. 3, p. 189-201, 2015.

GAMBERINI, L; COTTONE, P; SPAGNOLLI, A; VAROTTO, D; MANTOVANI, G. Responding to a fire emergency in a virtual environment: different patterns of action for different situations. **Ergonomics**, [S.L.], v. 46, n. 8, p. 842-858, jun. 2003. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/0014013031000111266>.

GAVISH, Nirit et al. Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. **Interactive Learning Environments**, v. 23, n. 6, p. 778-798, 2015.

GBRICH, C. **Qualitative Data Analysis: An Introduction.** London: Sage Publications. 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOODE, William J.; HATT, Paul K. **Métodos em pesquisa social.** 3ª edição. São Paulo: Nacional, 1969.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar.** Rio de Janeiro: Record, 1997

GORECKY, Dominic; KHAMIS, Mohamed; MURA, Katharina. Introduction and establishment of virtual training in the factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, n. 1, p. 182-190, 2017.

GREELANE. **Controle vs. Grupo Experimental: como eles diferem?** Disponível em: <https://www.greelane.com/pt/ciência-tecnologia-matemática/ciência/control-and-experimental-group-differences-606113/>. Acesso em: 18 abr. 2020.

GUEDES, T. A., MARTINS, A. B. T., ACORSI, C. R. L., Estatística descritiva. **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**, p. 1-49, 2005.

HARMON, Stephen W.; KENNEY, Patrick J. Virtual reality training environments: Contexts and concerns. **Educational Media International**, v. 31, n. 4, p. 228-237, 1994.

HETTIG, Julian; ENGELHARDT, Sandy; HANSEN, Christian; MISTELBAUER, Gabriel. AR in VR: assessing surgical augmented reality visualizations in a steerable virtual reality environment. **International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery**, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 1717-1725, 24 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11548-018-1825-4>.

HOLTON III, Elwood F. The flawed four-level evaluation model. **Human resource development quarterly**, v. 7, n. 1, p. 5-21, 1996.

HOU, Lei; WANG, Xiangyu. A study on the benefits of augmented reality in retaining working memory in assembly tasks: A focus on differences in gender. **Automation in Construction**, v. 32, p. 38-45, 2013.

HOU, Lei; WANG, Xiangyu; BERNOLD, Leonhard; LOVE, Peter E. D.. Using Animated Augmented Reality to Cognitively Guide Assembly. **Journal Of Computing In Civil Engineering**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 439-451, set. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000184](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000184).

HOWARD, Matt C.; GUTWORTH, Melissa B. A meta-analysis of virtual reality training programs for social skill development. **Computers & Education**, v. 144, p. 103707, 2020.

HU, Bo; MA, Liang; ZHANG, Wei; SALVENDY, Gavriel; CHABLAT, Damien; BENNIS, Fouad. Predicting real-world ergonomic measurements by simulation in a virtual environment. **International Journal of Industrial Ergonomics**, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 64-71, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2010.10.001>.

JOU, Min; WANG, Jingying. Investigation of effects of virtual reality environments on learning performance of technical skills. **Computers in Human Behavior**, v. 29, n. 2, p. 433-438, 2013.

KAPLAN, Alexandra D. et al. The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta-analysis. **Human factors**, v. 63, n. 4, p. 706-726, 2021.

KIRKPATRICK, Donald L. Techniques for evaluating training programs. **Training and development journal**, 1979.

KOLB, A. Y.; KOLB, D. A. **Experiential learning theory In Steel RM** (Ed.) Encyclopedia of the Sciences of Learning (pp. 1215–1219). 2012.

KOZAK, J. J.; HANCOCK, P. A.; ARTHUR, E. J.; CHRYSLER, S. T. Transfer of training from virtual reality. **Ergonomics**, v. 36, n. 7, p. 777-784, 1993.

KWON, S. J., CHUN, J. H., BAE, J. H., SUH, M. W. A study on the factors that improve the velocity perception of a virtual reality-based vehicle simulator. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 21, n. 1, p. 39-54, 2006.

KWEGYIR-AFFUL, Ebo; HASSAN, Tajudeen Ola; KANTOLA, Jussi I. Simulation-based assessments of fire emergency preparedness and response in virtual reality. **International journal of occupational safety and ergonomics**, p. 1-15, 2021.

LACKEY, S. J., SALCEDO, J. N., SZALMA, J. L., HANCOCK, P. A. The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion, and flow. **Ergonomics**, v. 59, n. 8, p. 1060-1072, 2016.

LAUGHERY, Kenneth R.; WOGALTER, Michael S. Designing effective warnings. **Reviews of human factors and ergonomics**, v. 2, n. 1, p. 241-271, 2006.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**. Belo Horizonte: UFMG, v. 340, p. 1990, 1999.

LAWSON, Glyn; SALANITRI, Davide; WATERFIELD, Brian. Future directions for the development of virtual reality within an automotive manufacturer. **Applied ergonomics**, v. 53, p. 323-330, 2016.

LEDER, Johannes; HORLITZ, Tina; PUSCHMANN, Patrick; WITTSTOCK, Volker; SCHÜTZ, Astrid. Comparing immersive virtual reality and powerpoint as methods for delivering safety training: impacts on risk perception, learning, and decision making. **Safety Science**, [S.L.], v. 111, p. 271-286, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.021>.

LEE, Elinda Ai-Lim; WONG, Kok Wai. A review of using virtual reality for learning. **Transactions on edutainment I**, p. 231-241, 2008.

LI, Jing-Rong; KHOO, Li Pheng; TOR, Shu Beng. Desktop virtual reality for maintenance training: an object-oriented prototype system (V-REALISM). **Computers in Industry**, v. 52, n. 2, p. 109-125, 2003.

Li, Z.; Cheng, J.; Zhou, T.; Wang, S.; Huang, S.; Wang, H. Evaluating a Nurse Training Program in the Emergency Surgery Department Based on the Kirkpatrick's Model and Clinical Demand During the COVID-19 Pandemic. **Telemedicine and e-Health**, v. 26, n. 8, p. 985-991, 2020.

LU, Xueqing; DAVIS, Steven. Priming effects on safety decisions in a virtual construction simulator. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2018.

MAAS, Melanie J.; HUGHES, Janette M. Virtual, augmented and mixed reality in K-12 education: A review of the literature. **Technology, Pedagogy and Education**, v. 29, n. 2, p. 231-249, 2020.

MALIK, Ali Ahmad; MASOOD, Tariq; BILBERG, Arne. Virtual reality in manufacturing: immersive and collaborative artificial-reality in design of human-robot workspace. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 33, n. 1, p. 22-37, 2020.

MANCA, Davide; BRAMBILLA, Sara; COLOMBO, Simone. Bridging between virtual reality and accident simulation for training of process-industry operators. **Advances in Engineering Software**, v. 55, p. 1-9, 2013.

MATSAS, Elias; VOSNIAKOS, George-Christopher. Design of a virtual reality training system for human–robot collaboration in manufacturing tasks. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 11, n. 2, p. 139-153, 2017.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de Marketing**: edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.

MATTAR, Fauze Najib. **Pesquisa de Marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARCONI, M. A. & LAKATOS, M. E. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MENIN, Aline; TORCHELSEN, Rafael; NEDEL, Luciana. An analysis of VR technology used in immersive simulations with a serious game perspective. **IEEE computer graphics and applications**, v. 38, n. 2, p. 57-73, 2018.

MEYER, Oliver A.; OMDAHL, Magnus K.; MAKRANSKY, Guido. Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. **Computers & Education**, v. 140, p. 103603, 2019.

MONTANARI, J. R.; MORGAN, C. P.; BRACKER, J. S. **Strategic Management: A choice approach**. Chicago, IL. The Dryden Press, 1990.

MORASSAEI, Sara; BRESLIN, F Curtis; SHEN, Min; SMITH, Peter M. Examining job tenure and lost-time claim rates in Ontario, Canada, over a 10-year period, 1999–2008. **Occupational And Environmental Medicine**, [S.L.], v. 70, n. 3, p. 171-178, 2 nov. 2012. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2012-100743>.

MORENO, Roxana; MAYER, Richard E. Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. **Journal of educational psychology**, v. 94, n. 3, p. 598, 2002.

MUHANNA, Muhanna A. Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, v. 27, n. 3, p. 344-361, 2015.

MÜHLBERGER, Andreas; WEIK, Anne; PAULI, Paul; WIEDEMANN, Georg. One-session virtual reality exposure treatment for fear of flying: 1-year follow-up and graduation flight accompaniment effects. **Psychotherapy Research**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 26-40, jan. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10503300500090944>.

NEDEL, Luciana et al. Using immersive virtual reality to reduce work accidents in developing countries. **IEEE computer graphics and applications**, v. 36, n. 2, p. 36-46, 2016.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Universidade Federal de Goiás. Catalão–GO, 2011.

PATLE, D. S., MANCA, D., NAZIR, S., SHARMA, S. (2019). Operator training simulators in virtual reality environment for process operators: a review. **Virtual Reality**, v. 23, n. 3, p. 293-311, 2019.

PAULINO, C. D.; PESTANA, D.; BRANCO, J.; SINGER, J.; BARROSO, L.; BUSSAB, W. **Glossário Inglês-Português de Estatística**. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Estatística e Associação Brasileira de Estatística, 2011. p. 95.

PEDRAM, Shiva; PALMISANO, Stephen; SKARBEZ, Richard; PEREZ, Pascal; FARRELLY, Matthew. Investigating the process of mine rescuers' safety training with immersive virtual reality: a structural equation modelling approach. **Computers & Education**, [S.L.], v. 153, p. 103891, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103891>.

PÉREZ, Luis; DIEZ, Eduardo; USAMENTIAGA, Rubén; GARCÍA, Daniel F.. Industrial robot control and operator training using virtual reality interfaces. **Computers In Industry**, [S.L.], v. 109, p. 114-120, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.combind.2019.05.001>.

PEREZ-RAMIREZ, Miguel; ARROYO-FIGUEROA, G.; AYALA, A. The use of a virtual reality training system to improve technical skill in the maintenance of live-line power distribution networks. **Interactive Learning Environments**, v. 29, n. 4, p. 527-544, 2021.

PIRONTI, Rodrigo; KEPPEN, Mariana. Metaverso: novos horizontes, novos desafios: Metaverse: new horizons, new challenges. **International Journal of Digital Law**, v. 2, n. 3, p. 57-67, 2021.

RADIANTI, Jaziar; MAJCHRZAK, Tim A.; FROMM, Jennifer; WOHLGENANT, Isabell. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. **Computers & Education**, [S.L.], v. 147, p. 103778, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.

RADNOR, Hilary A. **Researching your professional practice**: Doing interpretive research. Buckingham: Open University Press, 2001.

RADNOR, Zoe; O'MAHONEY, Joe. "The Role of Management Consultancy in Implementing Operations Management in the Public Sector." **International Journal of Operations & Production Management** 33 (11/12): 1555–1578, 2013. DOI:10.1108/IJOPM-07-2010-0202.

RAMPAZZO, Lino. **Metodologia científica**. 3ª edição. São Paulo: Edições Loyola, 2005.

DE FRANÇA FERREIRA, Luiz; BECKER, Fernando; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. Fazer e compreender na Realidade Virtual: em busca de alternativas para o sujeito da aprendizagem. **RENOTE**, v. 1, n. 1, 2003.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 2007.

ROLDÁN, Juan Jesús; CRESPO, Elena; MARTÍN-BARRIO, Andrés; PEÑA-TAPIA, Elena; BARRIENTOS, Antonio. A training system for Industry 4.0 operators in complex assemblies based on virtual reality and process mining. **Robotics And Computer-Integrated Manufacturing**, [S.L.], v. 59, p. 305-316, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2019.05.004>.

ROSE, F. David et al. Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. **Ergonomics**, v. 43, n. 4, p. 494-511, 2000.

RUBIO, Eva María; SANZ, A.; SEBASTIÁN, Miguel Angel Virtual reality applications for the next-generation manufacturing. **International Journal Of Computer Integrated Manufacturing**, [S.L.], v. 18, n. 7, p. 601-609, out. 2005. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09511920500069259>.

RUE, L. W.; HOLLAND, P. G. **Strategic Management: Concepts and experiences**. McGrawHill, Inc., 1986.

RÜßMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael; JUSTUS, Jan. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015

SACKS, Rafael; PERLMAN, Amotz; BARAK, Ronen. Construction safety training using immersive virtual reality. **Construction Management and Economics**, [S.L.], v. 31, n. 9, p. 1005-1017, set. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2013.828844>.

SALAS, Eduardo; CANNON-BOWERS, Janis A. **The anatomy of team training**. Training and retraining: A handbook for business, industry, government, and the military, p. 312-335, 2000.

SALAS, Eduardo; TANNENBAUM, Scott I.; KRAIGER, Kurt; SMITH-JENTSCH, Kimberly A.. The Science of Training and Development in Organizations. **Psychological Science In The Public Interest**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 74-101, jun. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1529100612436661>.

SCHROEDER, Ralph. Defining virtual worlds and virtual environments. **Journal For Virtual Worlds Research**, v. 1, n. 1, 2008

SCHUEMIE, Martijn J.; STRAATEN, Peter van Der; KRIJN, Merel; MAST, Charles A.P.G. van Der. Research on Presence in Virtual Reality: a survey. **Cyberpsychology &**

Behavior, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 183-201, abr. 2001. Mary Ann Liebert Inc. <http://dx.doi.org/10.1089/109493101300117884>.

SCHUNK, Dale H. **Learning theories an educational perspective**. Sixth edition. Pearson, 2012.

SEYMOUR, Neal E. et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. **Annals of surgery**, v. 236, n. 4, p. 458, 2002.

SHAMSUZZOHA, Ahm; TOSHEV, Rayko; TUAN, Viet Vu; KANKAANPAA, Timo; HELO, Petri. Digital factory – virtual reality environments for industrial training and maintenance. **Interactive Learning Environments**, [S.L.], v. 29, n. 8, p. 1339-1362, 10 jun. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2019.1628072>.

SHARMA, Sharad; AGADA, Ruth; RUFFIN, Jeff. Virtual reality classroom as a constructivist approach. *In: 2013 Proceedings of IEEE Southeastcon*. IEEE, 2013. p. 1-5.

SHERIDAN, Thomas B. Musings on telepresence and virtual presence. **Presence: Teleoperators & Virtual Environments**, v. 1, n. 1, p. 120-126, 1992.

SHI, Yangming; DU, Jing; AHN, Changbum R.; RAGAN, Eric. Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 104, p. 197-214, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.04.015>.

SHUELL, T. J. Cognitive conceptions of learning. **Review of Educational Research**, 56(4), 411–436, 1986.

SIEMENS, G. Connectivism: A learning theory for the digital age. **International Journal of Instructional Technology & Distance Learning**, 2, 2014.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa científica. Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 33-44, 2009.

SKINNER, Burrhus Frederic. The origins of cognitive thought. **American psychologist**, v. 44, n. 1, p. 13, 1989.

SKINOVSKY, James; CHIBATA, Maurício; SIQUEIRA, Daniel Emilio Dalledone. Realidade virtual e robótica em cirurgia: aonde chegamos e para onde vamos?. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias**, v. 35, p. 334-337, 2008.

STONE, Robert. Virtual reality for interactive training: an industrial practitioner's viewpoint. **International Journal of Human-Computer Studies**, v. 55, n. 4, p. 699-711, 2001.

SUTHERLAND, Ivan E. Sketchpad a man-machine graphical communication system. **Simulation**, v. 2, n. 5, p. R-3-R-20, 1964.

THOMPSON JR., A. A.; STRICKLAND III, A. J. **Strategic Management: Concepts and Cases**. Homewood: Irwin, 1992.

TRAHAN, Mark H.; SMITH, Kenneth Scott; TALBOT, Thomas B.. Past, Present, and Future: editorial on virtual reality applications to human services. **Journal Of Technology In Human Services**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 1-12, 2 jan. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15228835.2019.1587334>.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VAUGHAN, Neil; GABRYS, Bodgan; DUBEY, Venketesh N.. An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training. **Computer Science Review**, [S.L.], v. 22, p. 65-87, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosrev.2016.09.001>.

VORA, Jeenal; NAIR, Santosh; GRAMOPADHYE, Anand K; DUCHOWSKI, Andrew T; MELLOY, Brian J; KANKI, Barbara. Using virtual reality technology for aircraft visual inspection training: presence and comparison studies. **Applied Ergonomics**, [S.L.], v. 33, n. 6, p. 559-570, nov. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0003-6870\(02\)00039-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0003-6870(02)00039-x).

WALLEN, Erik S.; MULLOY, Karen B. Computer-based training for safety: comparing methods with older and younger workers. **Journal of safety research**, v. 37, n. 5, p. 461-467, 2006.

WANG, Yu et al. Design and evaluation of safety operation VR training system for robotic catheter surgery. **Medical & biological engineering & computing**, v. 56, n. 1, p. 25-35, 2018.

WARBURTON, Steven. Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. **British journal of educational technology**, v. 40, n. 3, p. 414-426, 2009.

WEBEL, Sabine; BOCKHOLT, Uli; ENGELKE, Timo; GAVISH, Nirit; OLBRICH, Manuel; PREUSCHE, Carsten. An augmented reality training platform for assembly and maintenance skills. **Robotics And Autonomous Systems**, [S.L.], v. 61, n. 4, p. 398-403, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2012.09.013>.

WEINSTEIN, Neil D. Testing four competing theories of health-protective behavior. **Health psychology**, v. 12, n. 4, p. 324, 1993.

WHEELLEN, T. L.; HUNGER, J. D. **Strategic Management and Business Policy**. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

WILSON, John R. Virtual environments applications and applied ergonomics. **Applied Ergonomics**, v. 30, n. 1, p. 3-9, 1999.

WINN, William. A conceptual basis for educational applications of virtual reality. **Technical Publication R-93-9**, Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology Center, Seattle: University of Washington, 1993.

WOLFARTSBERGER, Josef. Analyzing the potential of Virtual Reality for engineering design review. **Automation in Construction**, v. 104, p. 27-37, 2019.

YAMNILL, Siriporn; MCLEAN, Gary N. Theories supporting transfer of training. **Human resource development quarterly**, v. 12, n. 2, p. 195-208, 2001.

ZAALBERG, Ruud; MIDDEN, Cees JH. Living behind dikes: mimicking flooding experiences. **Risk Analysis**, v. 33, n. 5, p. 866-876, 2013.

ZANELLA, H. C. Liane. **Metodologia de Pesquisa**. Sistema UAB, 2011. Disponível em: http://arquivos.eadadm.ufsc.br/EaDADM/UAB3_2013-2/Modulo_1/Metodologia_Pesquisa/material_didatico/Livro-texto%20metodologia.PDF. Acesso em: 18 abr. 2020.

ZEITLIN, Lawrence R. Failure to follow safety instructions: Faulty communication or risky decisions?. **Human Factors**, v. 36, n. 1, p. 172-181, 1994.

ZOHAR, Dov; EREV, Ido. On the difficulty of promoting workers' safety behaviour: overcoming the underweighting of routine risks. **International Journal of Risk Assessment and Management**, v. 7, n. 2, p. 122-136, 2007.

ANEXOS

ANEXO A – FOTOS DA APLICAÇÃO DOS TREINAMENTOS



ANEXO B – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

Orientação

*Explicar verbalmente o que é uma entrevista individual, e que o participante não vai ser identificado. Deve ser gravada sempre em 2 dispositivos.

*Explicar que os dados são sigilosos.

*Sempre deixar o entrevistado falar.

*As perguntas não precisam ser “automáticas”, pode-se conduzir a entrevista de uma maneira mais descontraída.

Atenção: Colocar o telefone em modo avião para não cortar a gravação.

*Fluência na conversa

*Duração estimada: 20 a 30 min

Explicação ao participante:

As perguntas abaixo são relacionadas ao treinamento de realidade virtual recebido nas últimas semanas na Escola de Destreza da Carroceria.

1. Qual foi a sua primeira percepção ao utilizar um equipamento de realidade virtual aplicado em um treinamento?
 1. Perguntar se o participante se sentiu motivado, alegre, envolvido no treinamento (por que se sentiu assim? cite exemplos).
 2. Perguntar se o participante se sentiu seguro durante utilização do equipamento de RV.
2. Quais foram as dificuldades encontradas ao utilizar o equipamento?
 - a. Perguntar como foi o senso de localização.
 - b. Perguntar se o participante teve medo de utilizar o equipamento (por que se sentiu assim? cite exemplos).
 - c. Perguntar se houve cansaço, tontura, calafrio ou dor de cabeça durante ou ao terminar o treinamento.
3. Quais foram os temas abordados no treinamento de Realidade Virtual?
 - a. Perguntar se o participante sentiu mais confiante ao utilizar o conteúdo no seu ambiente de trabalho.
 - b. Perguntar se o participante encontrou facilidade em aplicar os conteúdos abordados no treinamento em seu ambiente de trabalho.

- c. Perguntar se o participante preferia simular em ambiente real o mesmo conteúdo abordado.
4. Com base na sua experiência, você seria capaz de identificar os benefícios desse tipo de tecnologia na aprendizagem humana? Por favor, dê exemplos.
 - a. E os desafios?
 - b. No futuro, como você vê a evolução dessa tecnologia na utilização em treinamentos?
5. Hipoteticamente, se você tivesse a chance de projetar e construir essa tecnologia e lançar um equipamento aplicado em treinamentos, que tipo de produto você criaria?
 - a. Por quê?
 - b. Quais seriam as limitações desse produto?
 - c. Por que você acha que um produto com essas características não está disponível no mercado ainda?

ANEXO C – PESQUISA SOBRE O NÍVEL DE CONHECIMENTO

O objetivo da pesquisa é verificar seu nível de conhecimento em **relação aos 3 eixos principais apresentados nesse treinamento**, este questionário nos ajudará em melhorar nosso processo de treinamento dos operadores da carroceria.

Nome Completo: _____

Matrícula: _____

Q1	Por favor, descreva, no espaço à direita , a informação solicitada	
01	Qual Unidade Elementar de Trabalho (UET)?	
02	Qual seu turno de produção?	
03	Qual sua idade?	
04	Quantos meses de experiência no departamento de Soldagem?	

Q2	Por favor, descreva, no espaço abaixo , a informação solicitada	
05	Qual o significado de EPI?	
06	Qual o significado do 5'S?	
07	O que é FOS?	
08	Por que devo seguir a sequência da operação?	

09	Em uma escala de 1 a 5 (sendo 1 o mais importante e 5 o menos importante), relacionando com a empresa em que trabalha, o que você acredita que a empresa considera mais importante no dia a dia dos funcionários?	Priorização				
		Marque apenas um X por linha, sem repetir o número				
		1	2	3	4	5
	Prazo de entrega ao cliente.					
	Qualidade dos Produtos.					
	Custo do Processo e do Produto.					
	Segurança das pessoas.					
	Produtividade do processo (kaizen).					

10	Ao realizar um trabalho seguro no meu posto de trabalho, eu devo?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Manter sempre o posto de trabalho organizado		
2	Executar a operação conforme a sequência da documentação FOS		
3	Utilizar todos os EPI's corretos para realizar a operação		
4	Não é preciso utilizar todos os EPI's preconizados.		
5	Não sei o que fazer		

11	Para garantir a minha segurança e a dos meus colegas, eu devo?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Aplicar o 5's em meu posto de trabalho.		
2	Utilizar os EPI's corretamente ao chegar no posto.		
3	É necessário somente estudar o procedimento (FOS).		
4	Realizar a operação de trabalho corretamente, conforme a FOS.		
5	Executar o 5's somente com limpeza no posto.		

12	O que devo fazer ao iniciar as operações do meu posto de trabalho?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Garantir a organização do meu posto de trabalho		
2	Colocar todos os EPI's necessários		

3	Ir direto realizar minha operação, sem EPIs		
4	Aguardar a orientação de meu supervisor.		
5	Não sei o que fazer.		

13	Por que devo utilizar os EPI's no posto de trabalho?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Características do meu trabalho exigem sua utilização em 100% do tempo, como: luvas anti-corte, uniformes, sapato de segurança, óculos, protetor auricular, protetor facial, macacão e mangotes.		
2	Somente porque sou cobrado pelo meu gestor.		
3	Para a proteção dos equipamentos.		
4	Somente para executar meu trabalho com qualidade.		
5	São regras do governo brasileiro.		

14	Se não utilizar o EPI – Luva anti-corte –, o que pode ocorrer na pior situação?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Nada, pois as peças não têm risco de corte.		
2	Acidente de trabalho com cortes nas mãos e possível afastamento.		
3	Não utilizo luva anti-corte no meu departamento.		
4	Nada, não existe risco em meu processo.		
5	A luva que utilizo é para não sujar a peça.		

15	Se não utilizar o EPI – Protetor facial –, o que pode ocorrer na pior situação?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Posso iniciar meu posto de trabalho sem o uso do EPI.		
2	Acidente de trabalho com risco de perder a visão.		
3	Este EPI é somente para o processo de Pintura.		
4	Protetor Facial é somente para quem usa solda mig.		
5	Não conheço este EPI.		

16	O que eu devo fazer para aplicar o 5's completo no meu posto de trabalho?	Assinale um X em cada linha abaixo.	

		Correto	Incorreta
1	Somente guardar as ferramentas em meu armário pessoal.		
2	Organizar o posto de trabalho, deixar só o que utilizo.		
3	É necessário somente limpar com vassoura e retirar a sujeira.		
4	Chamar o gestor quando encontrar uma sujeira pequena.		
5	Selecionar o que é necessário, organizar e limpar o posto de trabalho, para depois padronizar e manter um posto seguro.		

17	Ao chegar em meu posto de trabalho e identificar uma peça fora de posição, conforme o padrão, o que devo fazer?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Nada, pois tenho que focar na minha operação.		
2	Esperar a hora do café/almoço e corrigir.		
3	Corrigir de imediato, antes de começar a atividade no posto de trabalho.		
4	Não sei o que fazer.		
5	Chamar meu colega para corrigir.		

18	Se eu encontro uma ferramenta (martelo, alicate, chaves) no chão, o que devo fazer?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Guardar em meu armário pessoal		
2	Guardar em cima do carrinho de ferramentas.		
3	Chamar a manutenção para buscar.		
4	Deixar onde está, posso utilizar mais tarde.		
5	Guardar no carrinho de ferramentas em seu devido lugar.		

19	Com base no treinamento recebido, por que devo seguir a sequência da operação (FOS)?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta
1	Não precisamos conhecer a FOS, o supervisor sabe.		
2	FOS é Folha para Olhar a Sujeira.		
3	Para realizar minha operação com segurança e com qualidade.		
4	FOS é um documento que padroniza minha operação.		
5	FOS é uma ferramenta para realizar a soldagem.		

20	Qual das operações abaixo é a primeira que devo executar, antes de soldar a peça?	Assinale um X em cada linha abaixo.	
		Correto	Incorreta

1	Pegar a pinça e esperar.		
2	Fechar o dispositivo “servante” apertando o botão com as duas mãos até o fechamento automático.		
3	Trocar o eletrodo da pinça.		
4	Realizar a fresagem do eletrodo.		
5	Chamar a manutenção para inspecionar meu posto de trabalho.		

Pesquisa finalizada, obrigado pelas respostas.

ANEXO D – PESQUISA SOBRE O NÍVEL DE SATISFAÇÃO

Este questionário tem o objetivo de identificar o **nível de satisfação** sobre o treinamento de segurança do trabalho, é importante para a melhoria do treinamento.

Nome Completo: _____

Matrícula: _____

Responda as afirmações abaixo, marcando um X em cada linha.					
Q1	Qual seu nível de satisfação em relação...	Muito Satisfeito	Satisfeito	Insatisfeito	Muito Insatisfeito
01	ao atingimento dos objetivos do treinamento?				
02	aos conhecimentos recebidos e sua utilização na sua função?				
03	à profundidade dos assuntos abordados, proporcionando conhecimentos além do que você já possuía?				
04	à metodologia do treinamento?				
05	à duração e o ritmo do treinamento?				
06	aos recursos disponibilizados? (Material, Sala, Instalações e Equipamentos)				
07	à sua dedicação e sua participação no treinamento?				
08	à qualidade de maneira em geral e à satisfação do treinamento?				

ANEXO E – CRONOGRAMA COM AS ETAPAS DA PESQUISA E ELABORAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

			2021												2022																																																			
			JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO				AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO				DEZEMBRO				JANEIRO				FEVEREIRO				MARÇO				ABRIL			
			Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês				Mês							
			Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas							
Nº	Etapas	Tempo																																																																
Experimentos	1	Aplic. Treinamento tradicional e RV	18 semanas																																																															
	2	Coleta de dados	8 semanas																																																															
	3	Análise dos dados	10 semanas																																																															
Escrita Dissertação	4	Introdução/ Objetivos	2 Semanas																																																															
	2	Revisão Literatura	5 Semanas																																																															
	3	Metodologia	5 semanas																																																															
	4	Resultados	8 semanas																																																															
	5	Discussão/ Conclusão	8 semanas																																																															
	6	Revisão Julia p/ cada etapa	1 Semana p/ Et.																																																															
	7	Formatação: Capa/sumário/agradecimentos/ resumo/	4 semanas																																																															

ANEXO F – TABELA DE BENEFÍCIOS EM TEMAS NO TREINAMENTO COM RV

Principais Códigos	Temas	Referências aos códigos	Temas Mencionados (%)
Aumento da Retenção do conhecimento			51%
	Mais atenção no dia a dia após realizar o treinamento	"Você começa procurar e ver se no seu posto de trabalho está igual como na realidade virtual, por exemplo você vai procurar se tem eletrodos caídos no chão" (ENT_03).	
	Treinamento virtual é um complemento do tradicional	"Acredito que faltou um pouco a parte teórica do treinamento, falar mais sobre FOS, 5S, MPM, um pode agregar ao outro" (ENT_15).	
	RV simula o risco do acidente que o treinamento real não trás	"Eu preferiria o virtual porque é um treinamento de segurança e você pode errar, não que você vá para errar, mas como é um treinamento você pode errar e isso pode acontecer" (ENT_12).	
	Simulação virtual antecipa o posto de trabalho para operador novo	"A pessoa que não conhece, por exemplo ela vem de fora e não sabe como é o dia a dia aqui, ali vai mostrar eu digo uns 90% do que é nosso dia a dia" (ENT_14).	
Efetivos Comportamentais no treinamento			27%
	Motivação, empolgação e curiosidade ao realizar o treinamento	"Eu fiquei empolgado e curioso pra ver se ia ser igual o treinamento da destreza" (ENT_01). "Fiquei Motivado e me senti interessado, como foi primeira vez então se senti bastante interessado com certeza com este treinamento" (ENT_04).	
	Envolvimento do participante ao utilizar a RV	"Bem envolvido com bastante vontade de aprender, e fazer o correto ali e poder estar passando para os demais" (ENT_03).	
	Diversão, comparado aos jogos de videogame ao utilizar o RV	"Fiquei bem participativo ali na parte de pegar as peças e colocar no lugar, com aplicação do 5s. Eu achei bem interessante, algo parecido em videogame em casa" (ENT_10).	

Avanços Tecnológicos		22%
Similaridade entre o ambiente virtual e o ambiente real	"Na minha visão foi a mesma coisa que eu tivesse no meu posto de trabalho" (ENT_06).	
Segurança ao realizar o treinamento com a RV	"Me senti bem seguro, porque eu estava em um ambiente 3D parecia que eu estava na linha de produção" (ENT_09).	

ANEXO G – TABELA DE DESAFIOS EM TEMAS NO TREINAMENTO COM RV

Principais Códigos	Temas	Referências aos códigos	Temas mencionados (%)
Interação Usuário-Tecnologia			33%
	Dificuldade em realizar comandos no controle da RV	"É que no começo ali é tudo complicado você vai acionar os botões e tem dificuldade, também o acionamento do controle" (ENT_02).	
	Óculos e cabos incomodavam, muito pesado	"Equipamento é pesado, mas para você fazer uma vez só tudo bem, mas se for pra você ficar mais tempo daí começa a pesar que acaba atrapalhando." (ENT_05).	
	Treinamento RV com várias pessoas juntas	"Aqui na fábrica são várias pessoas para se treinar, imagino que um equipamento de RV com várias pessoas realizando o treinamento ao mesmo tempo, ganharia tempo." (ENT_10).	
Relação integridade física			29%
	Senso localização ruim, risco de causar um acidente	"No começo a gente fica um pouco sem a noção do lugar, medo de pisar em falso ali em alguma coisa" (ENT_14).	
	Insegurança ao realizar o treinamento de RV	"Aquele cabo atrás trava a gente, me senti meio inseguro para fazer os movimentos" (ENT_15).	
	Sentimento de medo, receio, surpresa ao utilizar o equipamento	"Sentimento de medo, por saber que o espaço ali é pequeno e curto, mesmo tendo aquelas grades de proteção no ambiente virtual você fica com receio" (ENT_12).	
Aspecto Organizacional e Infraestrutura			26%
	Investimento para compra da tecnologia RV é elevado	"Eu acho que a questão do custo, as vezes por ser um custo um pouco não muito baixo as vezes pode ser um desafio para uma empresa ou outra" (ENT_07).	
	Espaço físico da sala do treinamento RV é pequeno e sem ventilação	"Achei o espaço físico ser um pouco pequeno, aí a gente vê que é pequeno e fica com um pouco de medo ali de bater." (ENT_12).	
Limitação Tecnológica			12%

RV não simula o mesmo ritmo e peso do equipamento do posto de trabalho	"Na linha seria um pouco diferente porque você estaria pegando mesmo uma pinça, estaria trocando mesmo um eletrodo" (ENT_13).	
Software RV instável e travamento	"Bom eu levei como se fosse uma falha no software..., mas a respeito de você pegar as coisas em um determinado lugar, por exemplo na prateleira que você supostamente está correto para você pegar, e você não consegue pegar, você tem que pegar exatamente a onde ele está ali no ambiente virtual" (ENT_10).	
Gráficos de RV não é igual ao ambiente real	"O que vai mudar é o gráfico que não é a mesma coisa que o olho humano, eu acho que o design gráfico ali deixar um pouquinho mais real" (ENT_13).	

ANEXO H – EXPERIMENTOS COM TECNOLOGIA RVI PARA TREINAMENTOS

Proposta da Pesquisa	Questionário	Tecnologia/Software	Tempo	Área	Qtd. de Grupos	Retenção	Autor
Comparar o treinamento de segurança com a RV imersiva com o treinamento de segurança de dados via PowerPoint	Pré e após	3D-multissensorial Cave Automatic Ambiente Virtua (CAVE) / Controle Joystick sem fio	Não informado	Saúde	2	Sim	Leder, Horlitz, Puschmann, Wittstock e Schütz (2019)
Comparar métodos de aprendizado em VR e Tradicional em uma caminhada entre dois arranha-céus.	Pré e após	Oculus Rift Consumer (CV1) Fone de Ouvido /Microsoft Kinect Photon Unity Networking (PUN)	30 minutos	Construção Civil	3	Sim	Shi, Du, Ahn, Ragan (2019)
Medir o grau de imersão e de presença sentida pelos sujeitos em um ambiente virtual simulador.	Pré e após	Ocular binocular ISCAN / Mouse 3D/ SGI Onyx2 Infinite Reality / GNU Image Manipulation Program (Gimp)	30 minutos	Educacional	2	Sim	Vora, Nair, Gramopadhye, Duchowski, Melloy e Kanki (2002)
Examinar se a eficácia da RV para a atenção plena será maior na aprendizagem do que a prática convencional.	Pré e após	Oculus Rift (HMD) / Desktop Alienware / Eric Fassbende	20 minutos	Educacional	2	Não	Chandrasiri (2020)
Testar as hipóteses de que o treinamento de segurança de construção civil com RV seria viável e mais eficaz que os métodos convencionais.	Pré, após	Ambiente Virtual Imersivo / EON ICube de três lados / CAVE (Ambiente Virtual Automático de Caverna) / EON St V7.0	Não informado	Construção Civil	2	Sim	Sacks, Perlman e Barak (2013)
Avaliar se estudantes universitários aprenderam sobre botânica por meio de um jogo multimídia RV	Pré e após	VREs - m Virtual Research (Aptos, CA) / VH HMD	15 minutos	Educacional	2	Não	Moreno e Mayer (2002)

Medir e avaliar a transferência do treinamento de uma simples tarefa sensório-motora em uma VE e comparar o desempenho no mundo real.	Pré e após	3D imersivo dVISOR estéreo	15 minutos	Educacional	3	Sim	Rose et al. (2000)
Avaliar pontos de vista dos participantes sobre a aplicação da RV em graduação e identificar possíveis desafios à adoção da RV	Logo após	Oculus Rif / O Google Cardboard /PlayStation VR	Não informado	Educacional	2	Não	Baxter e Hainey (2019)
Propor uma VR-RPG imersiva para educar os aprendizes sobre o comportamento das abelhas.	Pré, após e após 7 dias	IVR-Honeybee, um RPG	45 minutos	Educacional	2	Não	Alrehaili e Osman (2019)
Comparar o treinamento RV imersiva e em vídeo se pode beneficiar dos princípios de pré-treinamento como forma de reduzir a carga cognitiva.	Pré, após e após 7 dias	The Body VR / Journey Inside a Cell / Samsung Galaxy S8 Celular / HMD Samsung Gear VR	10 minutos	Educacional	2	Sim	Meyer, Omdahl, Makransky (2019)
Melhorar a aprendizagem de negociação e autoeficácia das pessoas com a RV no treinamento de negociação.	Pré, após e após 7 dias	Oculus Rift DevKit 2	30 minutos	Comercial	3	Sim	Ding, Brinkman e Neerinx (2020)