

## IMPLEMENTATION OF VIRTUAL REALITY AS A DEMONSTRATION TOOL IN A BALLISTIC LABORATORY

## IMPLEMENTAÇÃO DA REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA DE DEMONSTRAÇÃO EM LABORATÓRIO BALÍSTICO

**ISABELA DA COSTA REZENDE**

<https://orcid.org/0009-0007-1746-1048> / [isabelarezende4@gmail.com](mailto:isabelarezende4@gmail.com)  
Fatec Adib Moises Dib: São Bernardo, São Paulo

**LUCAS SOARES DA SILVA**

[lucas.soares1303@hotmail.com](mailto:lucas.soares1303@hotmail.com)  
Fatec Adib Moises Dib: São Bernardo, São Paulo

**DIEGO ANGELO CESTARO**

<https://orcid.org/0009-0001-9765-2800> / [diego.cestaro@gmail.com](mailto:diego.cestaro@gmail.com)  
Fatec Adib Moises Dib: São Bernardo, São Paulo

**WILLIAM APARECIDO CELESTINO LOPES**

<https://orcid.org/0009-0009-4437-776X> / [wilnatelha@gmail.com](mailto:wilnatelha@gmail.com)  
Fatec Adib Moises Dib: São Bernardo, São Paulo



Recebido em: 01/07/2024.  
Aprovado em: 05/11/2024.  
Publicado em: 07/11/2024.

### RESUMO

A Indústria 4.0 está revolucionando a automação e os serviços, destacando-se a realidade virtual (RV) como um pilar crucial para novas experiências de usuários. Este estudo, realizado em uma empresa de equipamentos de proteção balística, identificou dificuldades no deslocamento de clientes para compreender o laboratório balístico e suas metodologias de validação conforme normas. A implementação da RV visa otimizar o tempo de aprovação dos materiais, proporcionando uma visão aprimorada dos métodos e equipamentos de validação dos produtos. O objetivo deste artigo é avaliar o uso de um aplicativo de RV para demonstrar metodologias de testes em um laboratório balístico de uma empresa de blindagem. Desenvolvido com base na metodologia DSR (*Design Science Research*), o projeto abrangeu desde a identificação do problema até a aprovação do aplicativo, que obteve 90% de aceitação entre os especialistas da empresa ao integrar o uso do aplicativo nos processos de validação. A aplicação deste projeto facilitou a validação de novos projetos, agilizou reuniões técnicas e apresentações de processos, conforme validado por especialistas da área balística.

**Palavras-chave:** laboratório balístico; metodologia dsr; realidade virtual; simulação 3d; validação de produtos.

### ABSTRACT

Industry 4.0 is revolutionizing automation and services, highlighting virtual reality (VR) as a crucial pillar for new user experiences. This study, carried out in a ballistic protection equipment company, involves commitments in traveling customers to understand the ballistic laboratory and its validation methodologies according to standards. The implementation of VR aims to improve material approval times by providing an improved view of product validation methods and equipment. The objective of this article is to evaluate the use of a VR application to demonstrate testing methodologies in an armor company's ballistic laboratory. Developed based on DSR (Design Science Research), the project ranges from problem identification to application approval, which achieved 90% flexibility among the company's experts when integrating the use of the application into validation processes. The application of this project facilitated the validation of new projects, streamlined technical meetings and process presentations, as validated by experts in the ballistics field.

**Keywords:** ballistics laboratory; dsr methodology; virtual reality; 3d simulation; product validation.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de novos processos industriais, impulsionados por tecnologias de ponta, tem aumentado a inteligência e a eficiência na produção. Esses avanços resultam em melhorias significativas na qualidade dos produtos, simplificação dos processos de fabricação e redução de custos e desperdícios. Tal abordagem está em conformidade com os princípios da Indústria 4.0, que visa integrar sistemas inteligentes e otimizar processos industriais para atender às demandas do mercado contemporâneo (Santos et al., 2018; Campos, 2024).

A Realidade Virtual (RV), surgida na década de 1980, foi desenvolvida para atender a necessidades de simulações em ambientes virtuais, tornando os testes e validações mais econômicos e menos complexos (Fernandes et al., 2024; Araújo et al., 2024). A RV tem potencial para transformar diversos setores, incluindo a área de testes balísticos.

Embora a realidade virtual tenha demonstrado potencial em diversas áreas, como treinamento e simulação, sua aplicação em laboratórios balísticos para fins de demonstração e validação ainda é um campo inexplorado. Os estudos existentes sobre o uso RV têm se concentrado predominantemente em simulações de cenários de combate e no treinamento de operadores, evidenciando uma lacuna no que diz respeito à aplicação dessa tecnologia para otimizar processos internos e aprimorar a comunicação com clientes em ambientes laboratoriais específicos. Essa

limitação sugere que a RV poderia ser uma ferramenta valiosa não apenas em contextos de treinamento, mas também na eficácia operacional dentro de laboratórios (Telli Yamamoto; Altun, 2021).

A metodologia *Design Science Research* (DSR) foi adotada neste estudo para guiar o desenvolvimento e a avaliação da solução proposta. O ciclo do DSR, composto por identificação do problema, design da solução, demonstração e avaliação, proporcionou um *framework* rigoroso para a condução da pesquisa. A cada etapa, foram realizadas atividades como entrevistas com especialistas, análise documental e desenvolvimento de protótipos, garantindo a construção de um artefato tecnológico alinhado às necessidades da organização (Pimentel, Filippo, Santos, 2020; Pagotto *et al.*, 2024).

Após visitas técnicas realizadas em uma empresa do segmento de blindagens foi identificado um problema que envolve a necessidade de clientes se deslocarem ao laboratório balístico para verificar os produtos encomendados. A dificuldade em demonstrar as metodologias utilizadas resulta em altos custos logísticos e na alocação de equipamentos e colaboradores para visitas técnicas. A implementação da RV visa otimizar essas demonstrações, reduzindo custos e melhorando a eficiência.

O objetivo deste artigo é avaliar o uso de um aplicativo de RV para demonstração de ensaios em um laboratório balístico. A pesquisa inclui a análise das impressões e validações de especialistas no segmento de blindagens, com aplicações práticas na empresa. A utilização da RV obteve uma aprovação de 90% entre os especialistas, facilitando a validação de novos projetos e agilizando reuniões técnicas e apresentações de processos.

Este estudo demonstra a relevância da RV na otimização de processos de validação e na melhoria da eficiência operacional em laboratórios balísticos, contribuindo para a inovação e competitividade no setor de blindagens.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Indústria 4.0

De acordo com a evolução das revoluções industriais, diversos métodos e processos foram sendo aprimorados ao passar do tempo, e uma das grandes realizações que surgiram no século XXI, foi a criação da indústria 4.0 na Alemanha em 2011, se assemelhando indiretamente com a

revolução industrial do século XVIII, já que ambas foram revoluções que transformaram radicalmente a produção industrial, impulsionadas pela tecnologia (Pereira; Simonetto, 2018).

A indústria 4.0, considerada a quarta revolução industrial é a inserção entre as máquinas e os humanos, dispondo compartilhamento de informações em tempo real (Silva; Santos Filho; Miyagi, 2015). Possuindo em suas tecnologias a realidade virtual, que contém como finalidade gerar uma superfície simulada por computador, permitindo uma prática imersiva (Rodrigues; Porto, 2013), (Ciasullo; Calabrese; La Sala, 2024).

Em essência a quarta revolução apresenta mudanças fundamentais na forma de produção da empresa, sua aplicação na realidade virtual é um impacto de melhoria na eficiência através de suportes técnicos, treinamentos, design e prototipagem, de modo que fomente a precisão das operações e forneça uma melhor segurança. Esse método desempenha um papel crucial na transformação digital das indústrias modernas (Schwab; Davis, 2019).

## 2.2 Aplicação da realidade virtual em processos balísticos

Segundo Leite (2020), a realidade virtual é uma avançada interface homem-máquina que simula a realidade, permitindo interações em ambientes virtuais, através de canais multissensoriais, possibilitando a interação com objetos ausentes fisicamente, desempenhando um papel fundamental na indústria 4.0. A realidade virtual é aplicada em diversas áreas, como terapias hospitalares, treinamento de segurança empresarial e educação, entre outros usos (Pedrosa; Guimarães, 2019).

No início do desenvolvimento da realidade virtual existiam vastas ambientações, contudo ao passar dos anos e com a presença de novos recursos tecnológicos, novas áreas desenvolveram interesse, surgindo assim novas aplicações. Com o avanço da realidade virtual na indústria 4.0, organizações adotaram simulações em ambientes virtuais para reduzir custos e melhorar a qualidade no lançamento de produtos. Isso também aprimorou as áreas de engenharia, marketing e desenvolvimento (Santos, Manhães e Lima, 2018), (Afonso et al., 2020).

Em setores relacionados a processos balísticos, simuladores de primeira e segunda geração são usados para treinamento de profissionais e para reduzir o uso de armas de fogo, melhorando a eficiência e a segurança, sendo estes simuladores, outros equipamentos com custos de investimento elevados, diferentemente de simulações virtuais (Netto, 2018), (Nogueira Reis, 2019).

## 2.3 Normas para validação balística

A balística é uma área de estudos considerada como domínio da química e física, na qual exerce a análise do fenômeno de deslocamento de projéteis ocasionados por meio do impacto, contendo aplicações concretas (Silva et al, 2014), (Eridon; Mishler, 2020).

Com o avanço da tecnologia, novos estudos foram realizados com base em aplicações blindagem que tem como decorrência desenvolver materiais a fim de proteção balística (Amorim Jr, et al., 2006), (Nikhil Kumar et al., 2020).

Para a realização dos testes de equipamentos individuais balísticos, são utilizadas as normas do instituto *National Institute Of Justice* (NIJ), a qual desenvolveu normas para validação, dentre elas: *NIJ Standard- 0101.04* revisão A, *NIJ Standard- 0101.06*, *NIJ Standard- 0115.00*, *NIJ 0106.01*, *NIJ 0108.01*, onde ensinam a metodologia de teste, equipamentos a serem utilizados e munições a utilizar no momento do teste conforme o nível balístico de proteção de cada equipamento individual (Khodadadi et al., 2021), (Yaneva, 2020).

A importância do laboratório balístico é promover a confiança do consumidor ajudando a garantir a eficácia dos materiais. Todos os testes descritos em cada norma especificam a maneira de ser utilizado para validar se os equipamentos individuais atendem os padrões de desempenho estabelecidos como colete balístico, capacetes e escudo para agentes de segurança de forma mundial (Alves; Nascimento; Miguez Suarez, 2004), (Ojoc et al., 2020).

Conforme a norma *NIJ Standard- 0101.04* revisão A e *NIJ Standard- 0101.06* são específicas para coletes balísticos, dentro delas temos as características que devemos avaliar especificam a temperatura dos testes, a densidade da plastilina que o colete vai apoiado para execução dos disparos *National Institute Of Justice* (NIJ, 2024).

Para execução dos testes é realizado a inspeção visual, dimensional e quantificação das camadas conforme certificado de conformidade de cada composição. São utilizados nos coletes balísticos aramida conhecida como kevlar, polietileno de ultra alto peso molecular e outros materiais conforme a configuração de cada composição (Khodadadi et al., 2021), (Fayed; Abo El Amaim; Elgohary, 2023).

A importância de validar os produtos dentro da norma é garantir a capacidade de segurar um disparo sem que haja ferimento ao seu usuário, sendo disparados projétil de diferentes calibres e velocidades conforme seu nível de segurança, avaliando se não houve penetração parcial ou total a composição balística, esse é o termo utilizado para definir se furou ou parou no material (Alves;

Nascimento; Miguez Suarez, 2004).

Conforme citado anteriormente os principais produtos utilizados pela empresa do segmento de blindagens, são validados pela norma NIJ. A Tabela 01 demonstra as normas e suas aplicações de acordo com os componentes.

Tabela 01 – Normas e suas aplicações de acordo com os equipamentos

Norma	Data de Vigência	Componentes validados por meio das normas					
		Capacete	Colete	Escudo	Vidro	Placa carro	Placas
ABNT NBR 1500-1	2020				X	X	
ABNT NBR 1500-2	2020				X	X	
NIJ Standard-0101.04 Rev.A	2000		X				X
NIJ Standard-0101.06	2008		X				X
NIJ Standard-0115.00	2000		X				
NIJ Standard 0106.01	1981	X					
NIJ Standard-0108.01	1985	X		X	X		

Fonte: Autores (2024)

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na realização do projeto é fundamentada no DSR (*Design Science Research*), aplicada para ajudar na identificação do problema, concedendo uma solução para o mesmo. Tendo em vista como intuito principal o desenvolvimento de melhoria, solucionando uma adversidade, tal metodologia que convém práticas de gestão implementando aos problemas reais. (Deng e Ji, 2018). O mecanismo estudado com ferramentas que possam solucionar o problema prescrito, o DSR torna-se um planejamento estratégico averiguando os elementos constituintes (Andrade; Trigo, 2023), (Singh *et al.*, 2024).

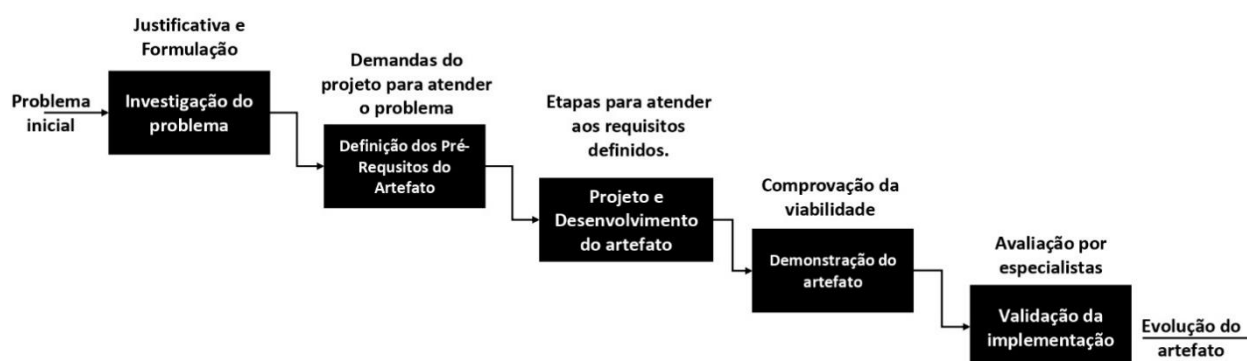
A metodologia DSR destaca-se pela criação de artefatos customizados, integrando teoria e prática a abordagem sistemática de problemas complexos. Com o avanço das tecnologias digitais, espera-se que sua aplicação se expanda, especialmente em combinação com inteligência artificial e aprendizado de máquina, potencializando soluções inovadoras e eficazes. Esse enfoque permite não apenas a evolução do conhecimento, mas também a resolução de desafios em ambientes dinâmicos e multidisciplinares (Vom Brocke *et al.*, 2020).

A metodologia DSR encontra aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento devido à sua versatilidade e interdisciplinaridade, abrangendo campos como saúde, educação e gestão empresarial, com o objetivo de desenvolver soluções inovadoras para desafios específicos de cada setor. No campo dos sistemas de informação, pode ser utilizada para criar novos softwares,

aplicativos e plataformas digitais. Já na engenharia, o DSR é uma ferramenta relevante para o desenvolvimento de protótipos de novos produtos e para a resolução de problemas em processos industriais (Hevner *et al.*, 2024).

Segundo (Angeluci *et al.*, 2020), o ciclo regulador é segmentado em cinco fases, iniciando com uma investigação problemática, na qual ele mesmo sucede a resolução de problemas práticos preexistentes. Para tal propósito, nesse projeto foram desenvolvidas as 5 etapas do DSR, da seguinte forma: esclarecimento do problema, definição das dificuldades, *design* e desenvolvimento da solução, demonstração da solução e avaliação da eficácia. A Figura 01 representa o fluxo de etapas do DSR.

Figura 01 – Etapas do DSR



Fonte: Autores (2024)

Na etapa inicial do DSR, consiste em identificar e formular o problema em questão, justificando de forma relevante o contexto específico que necessita ser resolvido.

A segunda fase, são definidos os requisitos necessários para a solução da proposta, atendendo o problema inicialmente identificado.

A terceira etapa, concentra-se na construção de um mecanismo, transformando a concepção da solução em uma implementação tangível.

Na quarta etapa, trata-se de implementar o artefato tecnológico e demonstrar os resultados obtidos no cenário prático.

Por fim, a quinta e última etapa, o artefato desenvolvido passa por uma avaliação e validação, através de análises críticas sobre sua efetividade, por meio de testes realizados por um especialista qualificado da área.

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Explicação do problema

A adversidade que motivou a aplicação da realidade virtual no laboratório balístico, refere-se as dificuldades do setor comercial e de *marketing* existentes em uma empresa do segmento de blindagens, mediante ao deslocamento de policiais de inúmeras regiões do Brasil, a fim de, apresentar o laboratório e suas metodologias especificadas por meio de normas. Analisando o percalço que ocasiona custo e tempo, iniciou-se a primeira etapa do DSR, efetuando a coleta de dados dentro da empresa para compreender melhor o cenário e a causa raiz dos problemas, por meio de entrevistas, questionários e discussões com os setores envolvidos.

Devido a empresa vender materiais de proteções balísticas para órgãos militares, a fim de exercer proteção no dia a dia, o lote é integralmente validado com testes realizados no laboratório da própria empresa, retirando uma quantia por lote e realizando toda as metodologias de testes balístico para validação e liberação dos produtos.

As dificuldades existentes são as grandes porções de participantes que acompanham os testes, conhecendo apenas a metodologia do teste por intermédio dos documentos e em nenhuma circunstância acompanharam a constatação prática, dificultando a concretização das diligências, avolumando o tempo da execução, a fim de explicar na íntegra o processo. Uma vez que a pluralidade dos clientes é de regiões distintas do Brasil, originando gastos com hospedagem e alimentação, em conformidade ao tempo realizado na validação do lote do cliente, dos quais os gastos que estão consignados no edital, ficam por intermédio da empresa.

Para efetuar a validação dos produtos, o laboratório conta com uma estativa que simula inúmeros armamentos, contendo também alguns provetes, replicando diversos calibres, garantindo a cobertura absoluta dos cenários de ensaios e o uso do cronógrafo balístico, aferindo a velocidade de um projétil de acordo com a norma vigente. A Figura 02, apresenta os equipamentos descritos.



Figura 02 – Laboratório Balístico



Fonte: Autores (2024)

É importante mencionar que de acordo com as informações obtidas, por meio da análise do problema, foi possível determinar as principais dificuldades que ocorrem constantemente dentro da empresa, ocasionando divergências no processo de testes práticos, sendo eles:

- I. Dificuldade na compreensão das etapas exigidas pelas normas;
- II. Clientes encontram dificuldades para compreender os equipamentos atual utilizados pela empresa no desenvolvimento das atividades;
- III. O cliente não contém conhecimento prévio do processo de liberação do produto.

## 4.2 Definição das necessidades

Para que os problemas identificados na empresa sejam selecionados, foi sugerido a criação de um aplicativo de realidade virtual, para que os procedimentos fossem virtualizados.

O aplicativo em realidade virtual precisa conter as informações associadas aos problemas, para isso foi dividido em duas etapas, na qual a primeira foi a digitalização de máquinas e ambientes no formato 3D, para que o mesmo possa ser visualizado em ambientes virtuais. A segunda etapa foram os pré-requisitos, onde dentro do ambiente virtual, sejam apresentadas as etapas de validação dos procedimentos realizados pela empresa.

Para uma melhor compreensão dos clientes em relação as máquinas, equipamentos e normas utilizadas no sistema de blindagem, os componentes serão associados juntamente as normas e apresentados no ambiente virtual.

## 4.3 Projeto e desenvolvimento da solução

Inicialmente, para o desenvolvimento do aplicativo foi elaborado uma coleta de dados dos problemas existentes na empresa, até a desenvoltura primária do aplicativo, por meio do conhecimento do sistema e funcionalidade dos óculos de realidade virtual, para desempenhar por intermédio de sua plataforma. A Figura 3, apresenta a virtualização dos equipamentos do laboratório.

Figura 03 – Vista geral do laboratório virtualizado



Fonte: Autores (2024)

Através da virtualização dos equipamentos, foi realizado testes por intermédio do óculos de realidade virtual, diante disso os usuários poderão interagir com o mundo virtual do laboratório de maneira natural e imersiva, podendo realizar movimentos para interagir com os objetos ou interagir no cenário, através de botões localizados próximo aos maquinários, acionando vídeos explicativos. A Figura 04 apresenta os testes realizados por meio do óculos de realidade virtual Meta Quest 2 com capacidade de 128GB.

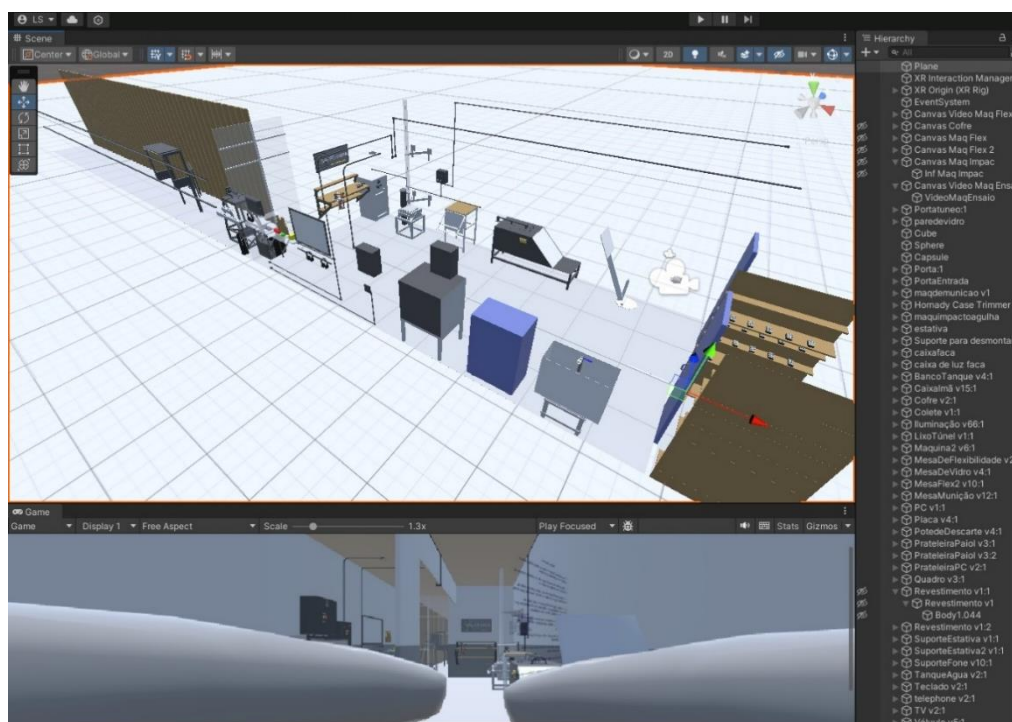
Figura 04 - Teste do desenvolvimento inicial no ambiente virtual



Fonte: Autores (2024)

Para as etapas de desenvolvimento foi utilizado o *software Autodesk Fusion 360* versão 2023 na modelagem do laboratório balístico que possui 74 m<sup>2</sup> e os equipamentos que o compõe, esse *software* permite criar protótipos virtuais tridimensionais onde os modelos 3D gerados funcionam com essência na realidade. Por sua vez, é de suma importância mencionar que o *software* de suporte para a criação do aplicativo foi a plataforma *Unity 2020.3.1f1*, fazendo integração com o *Autodesk Fusion 360 2023*, possuindo linguagem de programação e um suporte para o desenvolvimento 2D e 3D. A Figura 05 mostra o desenvolvimento teste na plataforma *Unity 2020.3.1f1*.

Figura 05 – Desenvolvimento dos componentes do aplicativo



Fonte: Autores (2024)

Em seguida foi empregue o *software Unity 2020.3.1f1* na transformação de toda a modelagem já existente em um sistema, para executar nos óculos de realidade virtual, a apresentação dos procedimentos e equipamentos que a NIJ estabelece nas execuções do teste, será realizado descrições de metodologia e equipamentos, juntamente com os procedimentos, fornecido as informações das ferramentas presentes do laboratório balístico.

#### 4.4 Projeto e desenvolvimento da solução

Posteriormente ao desenvolvimento do aplicativo executado nos óculos de realidade virtual, empregado na empresa. Para a análise da primeira etapa, foi realizado o teste com 7 funcionários que atuam de 5 a 15 anos na área (2 trabalhadores do setor de *Marketing*, 1 gerente do setor Comercial, 1 supervisor do setor de Desenvolvimento, 3 funcionários do setor de qualidade, sendo eles, um gerente, um analista e um inspetor), com o intuito de demonstrar o funcionamento da aplicação em realidade virtual dentro do ambiente da empresa.

O teste realizado no próprio laboratório balístico, na qual os especialistas da área puderam verificar a ambiguidade do aplicativo com o ambiente real, onde imersivamente executando o funcionamento do equipamento de teste de flexibilidade. Por tanto a solução foi aplicada à empresa, sendo registrada a utilização pelo colaborador conforme a Figura 06.

Figura 06 – Testes efetuado pelos especialistas da área



Fonte: Autores (2024)

Os colaboradores que efetuaram o teste, emitiram um retorno após a experiência imersiva, contextualizando os pontos positivos e de melhorias subsequentes. Um ponto pertinente, é que todos da equipe retrataram similitude do ambiente virtual com o físico, viabilizando a aplicação.

#### **4.5 Avaliação da eficiência do aplicativo**

Para viabilizar a eficiência do aplicativo de realidade virtual, ao fim da elaboração, foi entregue um formulário para 7 trabalhadores, contendo quatro perguntas:

Q1) O aplicativo de realidade virtual com auxílio do óculos sanam as dificuldades de compreensão do laboratório balístico?

R1) Todos os funcionários de forma unânime respaldaram que as dificuldades serão

sanadas.

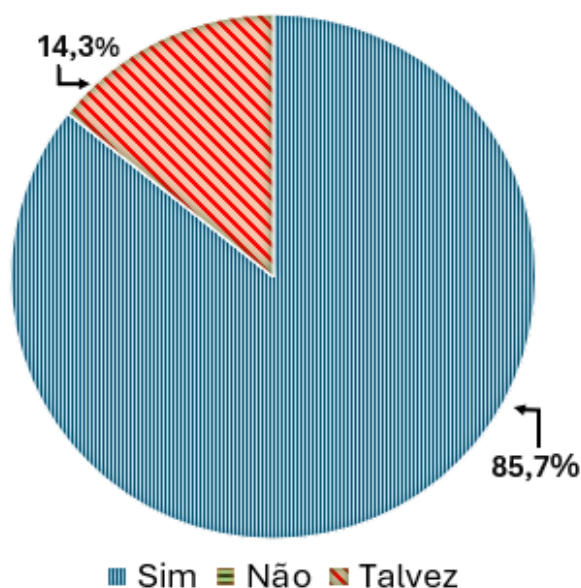
Q2) O artefato tecnológico facilita a comercialização e divulgação dos serviços prestados pela empresa aos seus clientes, através dos equipamentos utilizados no desenvolvimento de atividades?

R2) De acordo com as respostas obtidas de forma íntegra o artefato tecnológico facilita na comercialização e divulgação do serviço fornecido.

Q3) Com o auxílio do óculos de realidade virtual, facilita a compreensão dos desafios enfrentados ao associar as normas balísticas ao laboratório?

R3) De acordo com as respostas adquiridas, houve uma distribuição das opiniões, oferecendo experiências sobre a diversidade de pensamentos em questão.

Figura 07 – Gráfico questão 3

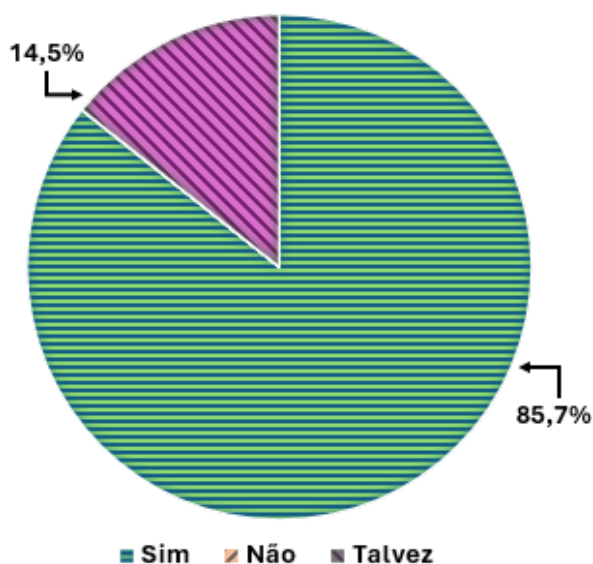


Fonte: Autores (2024)

Q4) O uso do recurso melhora a comunicação nas etapas do processo balístico apresentados ao cliente.

R4) Com as respostas obtidas, não houve uniformidade nas opiniões, mas sim perspectivas distintas sobre o contexto em questão.

Figura 08 – Gráfico questão 4

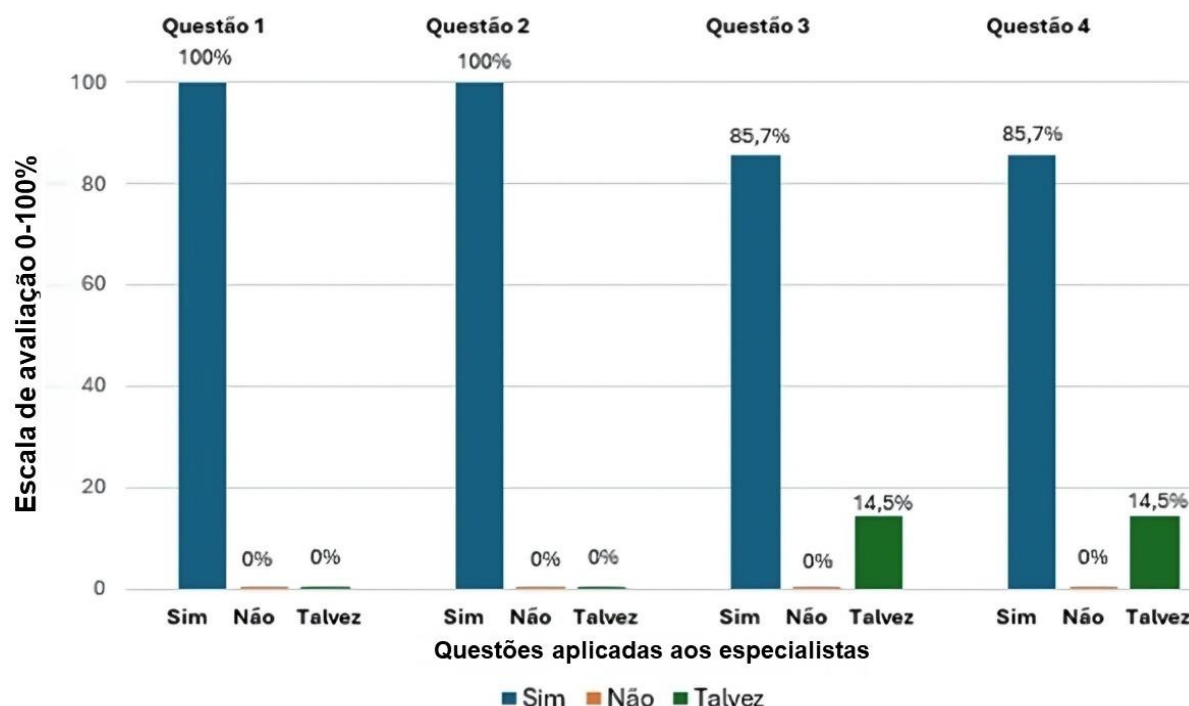


Fonte: Autores (2024)

A finalidade de aplicar o questionário aos colaboradores é obter um retorno e conceder reconhecimento ao aplicativo, viabilizando versões futuras. Através das respostas obtidas pelos especialistas da área, de forma integral a Figura 09 evidencia em uma escala de 0 a 100 as distintas opiniões diante a cada pergunta:



Figura 09- Gráfico de respostas de validação



Fonte: Autores (2024)

Uma análise em relação à aplicação, é que o artefato desenvolvido foi submetido a validação das informações contidas obtendo perspectiva de efetuar implementações futuras ao longo do tempo. Até o presente momento a aplicação está sendo realizada com os óculos de realidade virtual, espelhando em uma tela auxiliar como forma de assessorar o usuário.

## 5 CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado, foi desenvolvido uma análise em uma empresa de materiais balísticos onde identificou-se a dificuldade de deslocamento de policiais em análises dos processos de validações balísticas. Para alcançar o objetivo, foi utilizado a metodologia DSR, que permitiu compreender as adversidades enfrentadas pela empresa e facilitou no desenvolvimento de uma solução tecnológica capaz de reduzir o tempo, os custos e os impactos negativos no processo da empresa Grupo Inbra.

Efetuar a aplicação do DSR como contexto de apurar problemas existentes na empresa propicia assimilar a dificuldade presente no processo de validação, com o deslocamento de policiais que irão participar das corroborações necessárias.

Nesse contexto, entrevistar funcionários envolvidos na área, possibilita assimilar as contrariedades existentes na empresa, viabilizando a coleta de dados de elementos relevantes para o desenvolvimento do aplicativo de realidade virtual. No entanto, a aplicabilidade do aplicativo dentro da empresa contou com um impacto assertivo, identificando pontos de melhorias para o aplicativo.

Por sua vez, a possibilidade de executar a metodologia DSR, permite a ampla concepção das dificuldades existentes, tendo como resultado elementar o desenvolvimento de diferentes soluções para sanar avarias existentes, assim sendo um ponto assertivo dessa metodologia, a fim de gerar uma solução inovadora para cada problema.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, G. B. et al. Potencialidades e fragilidades da realidade virtual imersiva na educação. *Revista Intersaberes. Anais...*, 8 abr. 2020. Disponível em:

<https://www.revistasuninter.com/intersaberes/index.php/revista/article/view/1800>. Acesso em: 24 mar. 2024.

ALVES, A. L. S.; NASCIMENTO, L. F. C.; MIGUEZ SUAREZ, J. C. Comportamento balístico de compósito de polietileno de altíssimo peso molecular: efeito da radiação gama. *Polímeros*, v. 14, p. 105–111, jun. 2004.

AMORIM JR, W. et al. Comportamento sob impacto balístico de um sistema compósito para blindagem. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, p. 12–18, 1 jan. 2006.

ANDRADE, A. F. A. de; TRIGO, M. R. Aplicação da Design Science Research para construção de um método de planejamento estratégico orientado para as empresas juniores. *Revista Foco*, v. 16, n. 4, p. e1502–e1502, 5 abr. 2023.

ANGELUCI, A. C. B. et al. Design Science Research como método para pesquisas em TIC na educação. *Anais do CIET:EnPED:2020 - Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância*, 28 ago. 2020.

ARAÚJO, F. J. de et al. Tecnologia e educação: o ensino por meio da realidade virtual. *Revista Contemporânea*, v. 4, n. 1, p. 2039–2052, 18 jan. 2024.

CAMPOS, I. A. de M. Características da Indústria 4.0 como paradigma inovador no Polo Industrial de Manaus. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 3, p. e5632–e5632, 5 mar. 2024.

CIASULLO, M. V.; CALABRESE, M.; LA SALA, A. Surfing across industrial revolutions: A resilient sensemaking perspective on innovation. *Global Business and Organizational Excellence*, v. 43, n. 2, p. 27–42, 2024.

DENG, Q.; JI, S. A Review of Design Science Research in Information Systems: Concept, Process, Outcome, and Evaluation. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, v. 10, n. 1, 31 mar. 2018.

ERIDON, J.; MISHLER, S. Ballistic validation test statistics and confidence levels. 2020.

FAYED, A. I. H.; ABO EL AMAIM, Y. A.; ELGOHARY, D. H. Enhancing the performance of Cordura and ballistic nylon using polyurethane treatment for outer shell of bulletproof vest. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, v. 35, n. 4, p. 239–246, 1 maio 2023.

HEVNER, Alan R.; PARSONS, Jeffrey; BRENDEL, Alfred Benedikt; et al. Transparency in design science research. *Decision Support Systems*, v. 182, p. 114236, 2024.

Home | Office of Justice Programs. Disponível em: <https://www.ojp.gov/%3Cfront%3E>. Acesso em: 4 maio 2024.

KHODADADI, A. et al. Impact characteristics of soft composites using shear thickening fluid and natural rubber—A review of current status. *Composite Structures*, v. 271, p. 114092, 1 set. 2021.

LEITE, B. S. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de química. *Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 6, p. e097220–e097220, 5 jun. 2020.

NETTO, A. V. Utilização de simuladores para medir o desempenho de profissionais de segurança. *Revista Brasileira de Segurança Pública*, v. 12, n. 1, p. 92–106, 23 dez. 2018.

NIKHIL KUMAR, K. et al. Investigation of composite sandwich plates for ballistic armor application. *Materials Today: Proceedings, First International conference on Advanced Lightweight Materials and Structures*. v. 27, p. 1738–1742, 1 jan. 2020.

OJOC, G. G. et al. Standardization in testing ballistic protection systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 724, n. 1, p. 012049, jan. 2020.

PAGOTTO, D. do P. et al. SisDim: Solução tecnológica para o dimensionamento da força de trabalho em saúde. *Journal of Health Informatics*, v. 16, 23 jan. 2024.

PEDROSA, S. M. P. de A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. A. Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, v. 16, n. 43, p. 123–146, 21 fev. 2019.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. de O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 16, n. 1, 14 jun. 2018.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTOS, T. M. dos. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. RE@D - Revista de Educação a Distância e Elearning, v. 3, n. 1, p. 37–61, 26 maio 2020.

Realidade virtual no ensino superior: transformando a experiência acadêmica. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 4 mar. 2024.

REIS, F. N. Comparação entre análise experimental e simulação computacional do impacto de projéteis de arma de fogo em gelatina balística = Comparison between experimental analysis and computational simulation of the impact of firearm projectiles in ballistic gelatin. [s.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1088432>. Acesso em: 24 mar. 2024.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. de M. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. Interfaces Científicas - Educação, v. 1, n. 3, p. 97–109, 2013.

SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. Revista Produção e Desenvolvimento, v. 4, n. 1, p. 111–124, 31 mar. 2018.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. Indústria 4.0: desafios e oportunidades para o Brasil. nov. 2018.

SCHWAB, K.; DAVIS, N. Aplicando a Quarta Revolução Industrial. [s.l.: s.n.], 2019.

SILVA, M. V. da et al. Blindagens cerâmicas para aplicações balísticas: uma revisão. Cerâmica, v. 60, p. 323–331, set. 2014.

SILVA, R.; SANTOS FILHO, D.; MIYAGI, P. Modelagem de sistema de controle da Indústria 4.0 baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura Orientada a Serviços. 25 out. 2015.

Strengthen science. Advance justice. Disponível em: <https://nij.ojp.gov/%3Cfront%3E>. Acesso em: 18 nov. 2023.

TELLI YAMAMOTO, Gonca; ALTUN, Deniz. VIRTUAL REALITY (VR) TECHNOLOGY IN THE FUTURE OF MILITARY TRAINING. p. 83–98, 2021.

VOM BROCKE, Jan; WINTER, Robert; HEVNER, Alan; MAEDCHE, Alexander. Special Issue Editorial – Accumulation and Evolution of Design Knowledge in Design Science Research: A Journey Through Time and Space. Journal of the Association for Information Systems, v. 21, n. 3, 2020.

YANEVA, S. Ballistic resistance of bulletproof vests level IIIA: development of testing methodology. MATEC Web of Conferences, v. 317, p. 06003, 2020.