

Sistema FIEB



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial

Dissertação de Mestrado

**Recomendações de Projeto para Aplicação da Realidade Virtual
em Visitas Imersivas: Estudo de Caso em uma Estação de
Transferência de Custódia de Gás**

Apresentado por: Luiz Gutemberg Santiago Dias Junior

Orientadora: Profa. Dra. Ingrid Winkler

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira

Salvador, 2024

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

Luiz Gutemberg Santiago Dias Junior

**Recomendações De Projeto Para Aplicação De Realidade Virtual Em Visitas
Imersivas: Estudo De Caso Em Uma Estação De Transferência De Custódia De
Gás**

Salvador, 2024

Luiz Gutemberg Santiago Dias Junior

RECOMENDAÇÕES DE PROJETOS PARA APLICAÇÃO DE REALIDADE VIRTUAL
COMO FERRAMENTA PARA VISITAS IMERSIVAS: ESTUDO DE CASO EM UMA
ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE CUSTÓDIA DE GÁS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientadora: Profa. Dra. Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano
Vasconcellos Ferreira

Universidade Federal de Santa Catarina

Salvador

Centro Universitário SENAI CIMATEC

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

D541r Dias Junior, Luiz Gutemberg Santiago

Recomendações de projeto para aplicação da realidade virtual em visitas imersivas: estudo de caso em uma estação de transferência de custódia de gás / Luiz Gutemberg Santiago Dias Junior. – Salvador, 2024.

75 f. : il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Ingrid Winkler.

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2024.

Inclui referências.

1. Design science research. 2. Indústria de óleo e gás. 3. Realidade virtual. 4. Tour facilities. 5. Questionário UTAUT. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Winkler, Ingrid. III. Santos, Alex Álisson Bandeira. IV. Ferreira, Cristiano Vasconcellos. V. Título.

CDD 681.7

NDI - 03

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC**Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial**

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada “**REALIDADE VIRTUAL COMO FERRAMENTA PARA VISITAS IMERSIVAS NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS**” apresentada no dia 02 de setembro de 2024, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientadora:

Assinado eletronicamente por:
INGRID Winkler
CPF: ***.486.968-**
Data: 06/09/2024 16:32:47 -03:00



Prof.ª Dr.ª Ingrid Winkler
SENAI CIMATEC

Coorientador:

Assinado eletronicamente por:
Cristiano Vasconcelos Ferreira
CPF: ***.867.289-**
Data: 05/09/2024 19:19:53 -03:00



Prof. Dr. Cristiano Vasconcelos Ferreira
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

Assinado eletronicamente por:
Lilian Lefol Nani Guarieiro
CPF: ***.720.076-**
Data: 12/09/2024 14:51:19 -03:00



Prof.ª Dr.ª Lílian Lefol Nani Guarieiro
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

Assinado eletronicamente por:
Luiz Cláudio Machado dos Santos
CPF: ***.702.185-**
Data: 06/09/2024 10:20:27 -03:00



Prof. Dr. Luiz Cláudio Machado dos Santos
UNEB



MANIFESTO DE ASSINATURAS



Código de validação: 8GW36-755HC-QLJRL-VVAWT

Esse documento foi assinado pelos seguintes signatários nas datas indicadas (Fuso horário de Brasília):

- ✓ Cristiano Vasconcellos Ferreira (CPF ***.867.289-**) em 05/09/2024 19:19 - Assinado eletronicamente

Endereço IP	Geolocalização
177.34.75.230	Lat: -26,311880 Long: -48,851712 Precisão: 43 (metros)
Autenticação	cristiano.v.ferreira@ufsc.br
Email verificado	
wSP0JuMJDqJYuaQM3o2H80CDmMz0UMFKMPNuD661z7s= SHA-256	

- ✓ Luiz Cláudio Machado dos Santos (CPF ***.702.185-**) em 06/09/2024 10:20 - Assinado eletronicamente

Endereço IP	Geolocalização
201.157.255.11	Não disponível
Autenticação	luizcms@ifba.edu.br
Email verificado	
OOH3TVzKBOLz85zIYzr6baOpet4EoVWBUIG3X+OQsFs= SHA-256	

✓ INGRID Winkler (CPF ***.486.968-**) em 06/09/2024 16:32 - Assinado eletronicamente

Endereço IP	Geolocalização
200.128.24.81	Não disponível
Autenticação	ingrid.winkler@fieb.org.br (Verificado)
Login	
6OGbMj/evQrqhUbT0rxWHVbxtKyS2+Oz213YIJarpGc=	
SHA-256	

✓ Lilian Lefol Nani Guarieiro (CPF ***.720.076-**) em 12/09/2024 14:51 - Assinado eletronicamente

Endereço IP	Geolocalização
177.193.214.115	Não disponível
Autenticação	lilianguarieiro@gmail.com
Email verificado	
PaXyf2UV0Mo96pnz7licjmsLY40i+eWngByM5TPhipw=	
SHA-256	

Para verificar as assinaturas, acesse o link direto de validação deste documento:

<https://assinatura.senaibahia.com.br/validate/8GW36-755HC-QLJRL-VVAWT>

Ou acesse a consulta de documentos assinados disponível no link abaixo e informe o código de validação:

<https://assinatura.senaibahia.com.br/validate>

*Dedico este trabalho ao ETERNO e bom DEUS que em todos os
momentos desta trajetória não me deixou desistir!*

A ELE toda glória eternamente amém!

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao bom e ETERNO DEUS, divino pai das luzes que está comigo em todos os momentos da minha caminhada. Aos meus pais por me ensinarem os caminhos do conhecimento. Ao meu filho Pietro por ser uma motivação para a conclusão de mais esta etapa da minha vida. A minha companheira, parceira, amiga e noiva Flávia por cooperar comigo na realização de mais este sonho. Em especial a minha orientadora Ingrid Winkler por não desistir, mesmo nos momentos em que até eu mesmo pensei em parar. Ao PRH27.1 pelo apoio financeiro e ao Senai CIMATEC pela infraestrutura tão importante para a execução deste trabalho. A equipe do PRH27.1, coordenação, professores, colegas e pessoal do administrativo que tanto nos apoiam e socorrem nas demandas de bolsistas. A Bahiagás nas pessoas do Ademário e Magno que nos apoiaram nas pesquisas de campo e execução desta pesquisa. A cada leitor que dedicará um tempo para ler este trabalho. Obrigado! É com muita gratidão que concluo este projeto.

Resumo

Nos últimos anos, a rápida evolução das tecnologias digitais tem desempenhado um papel fundamental na transformação de diversos setores industriais. Este trabalho investiga a aplicação da Realidade Virtual (RV) como ferramenta para visitas imersivas em ambientes industriais, especificamente em uma estação de transferência de custódia de gás. Esta pesquisa buscou desenvolver um conjunto de recomendações práticas e metodológicas para desenvolvimento de visitas imersivas em ambientes de realidade virtual na indústria de óleo e gás. Foi adotado o paradigma de pesquisa Design Science Research, que consiste nas seguintes seis etapas: (1) identificação do problema, (2) definição do objetivo da solução, (3) design e desenvolvimento, (4) demonstração, (5) avaliação e (6) comunicação. Ademais seguiu-se as diretrizes do PRISMA para o levantamento de recursos bibliográficos junto com a metodologia bola de neve para estudo sistemático da literatura. A fim de amparar a pesquisa adotou-se o uso do questionário UTAUT como ferramenta de obtenção de dados e adicionalmente reuniu-se um grupo focal com especialistas para análise e validação dos dados levantados na pesquisa de campo. Os resultados demonstraram que não existem requisitos específicos para o uso da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás, contudo, também demonstrou que assim como em outras indústrias é necessário a consecução de passos e requisitos para a adoção da tecnologia como ferramenta. Conclui-se assim que a realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás reduz o custo e o risco operacional, que ainda existem barreiras para a adoção da tecnologia em larga escala e uma delas é a cultura organizacional, mas, que tendo a comunicação como pilar fundamental do processo de implementação os resultados são significativos e favoráveis. Futuras pesquisas devem abordar em quais cenários a realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas deve ser utilizada, se além de treinamentos, familiarização e propriamente as visitas, existem outras aplicações da tecnologia como ferramenta.

Palavras-chave: Visitas Imersivas; tour facilities; Realidade Virtual; Indústria de Óleo e Gás

Project Recommendations For Applying Virtual Reality As A Tool For Immersive Visits: Case Study In A Gas Custody Transfer Station

In recent years, the rapid evolution of digital technologies has played a fundamental role in the transformation of several industrial sectors. This work investigates the application of Virtual Reality (VR) as a tool for immersive visits in industrial environments, specifically in a gas custody transfer station. This research sought to develop a set of practical and methodological recommendations for the development of immersive visits in virtual reality environments in the oil and gas industry. The Design Science Research research paradigm was adopted, which consists of the following six steps: (1) problem identification, (2) definition of the solution objective, (3) design and development, (4) demonstration, (5) evaluation and (6) communication. In addition, the PRISMA guidelines for the collection of bibliographic resources were followed along with the snowball methodology for systematic literature study. In order to support the research, the use of the UTAUT questionnaire was adopted as a data collection tool and additionally a focus group with experts was convened to analyze and validate the data collected in the field research. The results demonstrated that there are no specific requirements for the use of virtual reality as a tool for immersive visits in the oil and gas industry. However, it also demonstrated that, as in other industries, it is necessary to follow certain steps and requirements for the adoption of the technology as a tool. It is concluded that virtual reality as a tool for immersive visits in the oil and gas industry reduces costs and operational risk. There are still barriers to the adoption of the technology on a large scale, one of which is organizational culture. However, with communication as a fundamental pillar of the implementation process, the results are significant and favorable. Future research should address in which scenarios virtual reality as a tool for immersive visits should be used, and whether there are other applications of the technology as a tool in addition to training, familiarization, and visits themselves.

Keywords: Immersive Visits; Tour Facilities; Virtual Reality; Oil and Gas Industry

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Introdução

Quadro 1 - Matriz de Amarração da Metodologia.....6

Capítulo 2

Table 1 - Publications According to Guiding Research Questions.....14

Table 2 - Method, Software, and Hardware Used in the Reviewed Studies.....17

Capítulo 3

Tabela 1. Recomendações de projeto para visitas imersivas industriais.....45

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICO

Introdução

Figura 1: Interações do Mercado Digital de Petróleo.....	3
--	---

Capítulo 2

Figure 1 - PRISMA Diagram.....	13
--------------------------------	----

Capítulo 3

Figura 1 - Estande de Demonstração.....	24
Figura 2 - Demonstração da Tecnologia.....	24
Figura 3 - Imagem Via Drone Combinada.....	28
Figura 4 - ETC Mata de São João fotos 360°.....	29
Figura 5 - ETC Mata de São João em formato para RV com inclusão das tubulações a serem construídas (3D).....	29
Figura 6 - ETC Mata de São João em formato para RV com inclusão das tubulações a serem construídas (3D).....	30
Figura 7 - Ambiente de Treinamento Visão Interna da Unidade.....	31
Figura 8 - Ambiente de Treinamento Visão Externa da Unidade.....	31
Figura 9 - Correlações das Variáveis.....	33
Figura 10 - Correlações das Variáveis sobre IC.....	34
Figura 11 - Correlação da Variável Experiência.....	35
Figura 12 - Correlação da Variável Experiência.....	35
Figura 13 - Correlação da Variável Gênero.....	36
Figura 14 - Correlação da Variável Gênero.....	36
Figura 15 - Correlação da Variável Idade.....	37
Figura 16 - Correlação da Variável Idade.....	38
Gráfico 1 - Utilização de óculos de RV.....	38
Gráfico 2 - Motivo da Última Utilização.....	39
Gráfico 3 - Última Utilização.....	39
Gráfico 4 - Tempo de Utilização.....	40
Figura 17 - Escala Likert.....	40

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....	01
1.2 - Problemática de Pesquisa.....	04
1.3 - Objetivo Geral.....	04
1.4 - Objetivos Específicos.....	04
1.5 - Aspectos Metodológicos.....	05
1.6 - Organização do Trabalho.....	07
 Capítulo 2 - Immersive Tours of Industrial Facilities: an opportunities and challenges review.....	 08
 Capítulo 3 - Realidade Virtual Aplicada À Indústria De Óleo E Gás: Recomendação De Projetos Para Visitas Imersivas.....	 21
 Capítulo 4 - Conclusão.....	 63
 Apêndices.....	 65
 Referências.....	 74

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a rápida evolução das tecnologias digitais tem desempenhado um papel fundamental na transformação de diversos setores industriais, possibilitando abordagens inovadoras para aprimorar a eficiência operacional, a capacitação da força de trabalho e a tomada de decisões informadas. A adoção de tecnologias inovadoras em diversos contextos da indústria global fomentando a evolução da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, que pressupõe o papel do homem nos sistemas ciberfísicos (GRABOWSKA; SANIUK; GAJDZIK, 2022), vem promovendo eventos evolutivos no cenário industrial global, fazendo emergir um novo contexto de mercados. As tecnologias digitais que estão na vanguarda dessas iniciativas de transformação digital incluem análise de big data, internet das coisas (IoT), dispositivos móveis, nuvem, computação de névoa e borda, robôs e drones, inteligência artificial, tecnologias vestíveis, tecnologia blockchain, tecnologias de realidade estendida (realidade virtual, realidade aumentada, realidade mista), gêmeos digitais e ferramentas sociais e colaborativas (WANASINGHE et al., 2021).

Uma das tecnologias que estão no bojo deste limiar tecnológico é a Realidade Virtual (RV) que pode ser descrito como um novo tipo de interface homem-máquina e o gerador de ambiente virtual. Ou melhor, usar e integrar software e hardware de computador de alto desempenho e todos os tipos de sensores avançados para criar um ambiente de informações que permita aos participantes uma maneira imersiva, interativa, útil e instigante (CHEN; WANG; XU, 2021). A imersão é um ponto crítico da realidade virtual (SOOS et al., 2019), pois a imersividade é uma característica fundamental da tecnologia RV. Essa terminologia inclusive descreve a sensação de um usuário de RV de que seu ambiente virtual é real (AZIZ et al., 2020), o que significa que os métodos de interação também devem ser o mais realistas e precisos possíveis (SOOS et al., 2019).

Na indústria o uso da Realidade Virtual como ferramenta de visitas imersivas desempenha um papel fundamental em várias áreas. Uma das principais aplicações é a visualização de projetos e instalações industriais antes mesmo de serem construídas. Engenheiros, arquitetos e designers podem criar modelos virtuais de fábricas, plantas de produção e edifícios, permitindo que os *stakeholders* visualizem o projeto final em escala real. Isso não apenas economiza tempo e recursos, mas também ajuda a identificar problemas de design antes que se tornem custosos de corrigir (BELAROUSSI et al., 2023). Além disso, a Realidade Virtual é uma ferramenta poderosa para treinamento e simulação. Os funcionários podem ser imersos em cenários de treinamento realistas, pois, no desenvolvimento de tour virtuais é necessária a obtenção de um modelo mais realista, (BELAROUSSI et al.,

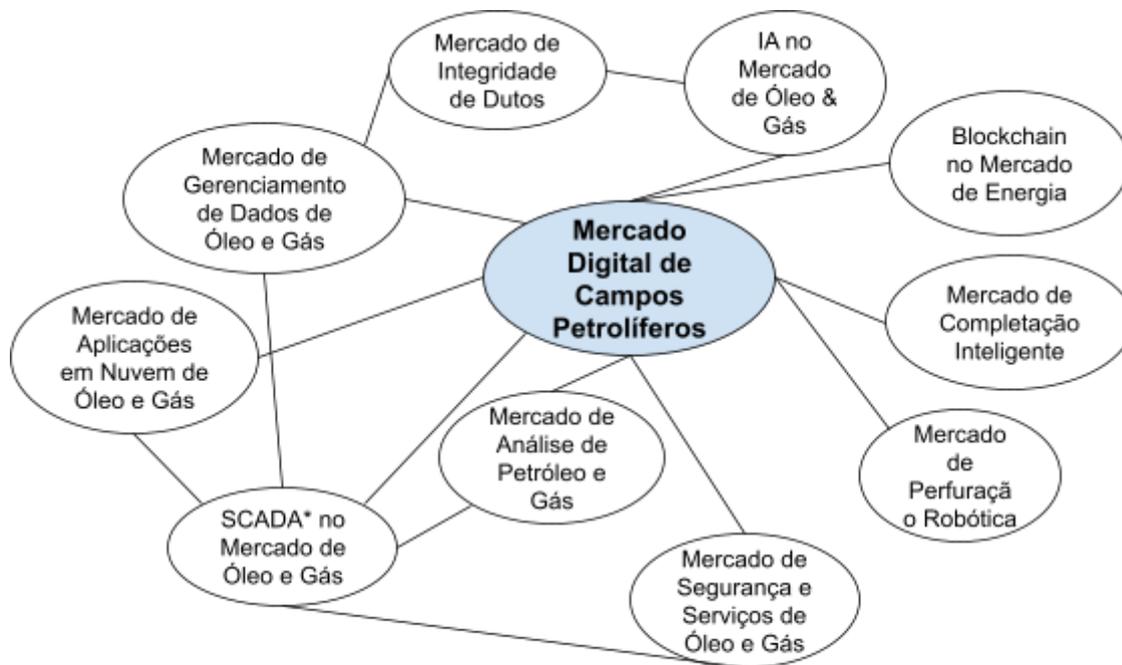
2023) onde podem praticar procedimentos de segurança, operação de máquinas e muito mais, sem riscos para sua integridade ou para o ambiente de trabalho. Isso é especialmente valioso em indústrias de alto risco, como petróleo e gás, onde a segurança é de suma importância.

No contexto da indústria de óleo e gás, onde as operações são frequentemente realizadas em ambientes desafiadores e de alto risco, a adoção da realidade virtual como uma ferramenta para industrial tour apresenta um potencial significativo para melhorar a compreensão e o engajamento dos profissionais, bem como para otimizar os processos de aprendizado e familiarização com as instalações industriais. Estas tecnologias da Indústria 4.0 (I4.0), que caminha para a Indústria 5.0, no setor de Óleo e Gás (O&G) consistindo em tecnologias I4.0 integrando operações e objetos físicos e virtuais de O&G para maximização da produtividade, elevação da eficiência, melhoria da qualidade e da produtividade, permite a existência de várias aplicações da I4.0 na indústria de O&G. Alguns dos quais incluem melhorias de concepção e avaliação de projetos, implantação de inteligência de campo petrolífero, aumento da confiabilidade no ecossistema possibilitando a redução de custos. (ELIJAH et al., 2021).

A realização de visitas industriais virtuais oferece a oportunidade de superar barreiras geográficas e operacionais, permitindo que os profissionais da indústria de óleo e gás explorem remotamente instalações complexas, equipamentos e procedimentos operacionais, sem os desafios logísticos e riscos associados às visitas físicas. Além disso, a realidade virtual pode proporcionar uma experiência imersiva e interativa, enriquecendo a compreensão dos profissionais e aprimorando sua capacidade de tomar decisões informadas em ambientes industriais dinâmicos. A realidade virtual é usada para tours industriais imersivos, economizando tempo e dinheiro. É útil em setores complexos, oferecendo acesso global, treinamento virtual e envolvimento do cliente. Isso está crescendo e moldando o futuro das visitas industriais e treinamento. (CORALLO et al., 2020)

A utilização da Realidade Virtual na indústria de óleo e gás faz parte do mercado digital de petróleo (AHN et al., 2020) onde tecnologias como inteligência artificial, blockchain, robótica, tráfego e armazenamento de dados em nuvem, aquisição/gerenciamento de dados e análises de mercado estão relacionados como pode ser vislumbrado na figura 1 abaixo.

Figura 1: Interações do Mercado Digital de Petróleo



*Controle Supervisório e Aquisição de Dados

. Fonte: Adaptado de (AHN et al., 2020)

Esta rede de interconexões revela pontos onde a RV tem sido utilizada dentro da indústria de óleo e gás. A indústria do “petróleo” é, na verdade, várias indústrias diferentes que trabalham juntas para produzir combustíveis e produtos. As três áreas que esta indústria compreende são: *upstream* - extrair matérias-primas usadas para produzir combustíveis e petroquímicos, *downstream* - processa petróleo bruto e gás natural em produtos acabados e *midstream* - move e armazena matérias-primas e produtos acabados (AFPM, 2021).

Neste contexto esta pesquisa busca contemplar um aspecto importante do cenário científico, tecnológico e industrial. No tocante em que busca suprir informações sobre a adoção da Realidade Virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria no setor de produção de gás. Embora as publicações de pesquisas sobre as aplicações de algumas das tecnologias de componentes Indústria 4.0 pareçam ter crescido nos últimos anos, ainda há uma falta de revisões abrangentes sobre a adoção de última geração de Indústria 4.0 nas áreas do setor de Óleo e Gás (ELIJAH et al., 2021). Pesquisas anteriores por exemplo tiveram um olhar mais amplo, (RADIANTI et al., 2020) apenas olharam para aplicações de RV imersivas para educação; (LUO et al., 2022) apesar de investigar uma área que não foi ativamente explorada nas plataformas RV disponíveis limitou-se a propor uma

solução para visitas virtuais de campo (VFT) imersiva aprimorada para facilitar a transferência de conhecimento de campo na educação em construção usando tecnologia de captura de realidade e tecnologia VR. Já (GROSSER et al., 2023) trouxe um contributo importante para o conhecimento sobre a eficácia e aplicabilidade de excursões virtuais no campo do ensino e pesquisa hidrológica. Contudo, não se encontrou um estudo como este tratando da utilização de RV como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás. E por isso esta pesquisa demonstra diferencial, pois, além de abordar a utilização da RV como ferramenta para visitas imersivas em plantas industriais no setor de produção de gás, o que é algo inédito, tornando-a relevante para o cenário acadêmico, ainda se propõe a apresentar um conjunto de recomendações de projetos para a adoção da tecnologia pela indústria.

1.2 Problemática de Pesquisa

Como podem ser estruturados e desenvolvidos os projetos de visitas imersivas em realidade virtual para a indústria no setor de produção de gás?

1.3 Objetivo Geral

Desenvolver um conjunto de recomendações práticas e metodológicas para desenvolvimento de visitas imersivas em ambientes de realidade virtual na indústria no setor de produção de gás.

1.4 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa e de acordo com as etapas da Design Science Research (DSR), os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Abordar casos de estudo e exemplos práticos de implementação de visitas imersivas utilizando realidade virtual na indústria;
- Identificar a existência de requisitos técnicos e de infraestrutura necessários para a implementação de sistemas de realidade virtual para visitas imersivas na indústria de gás;
- Mapear e identificar os desafios barreiras para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de gás;
- Propor orientações para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em plantas industriais de gás.

Desta feita esta pesquisa estará dividida em levantar o estado da arte da utilização da Realidade Virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria como segunda parte desta pesquisa. Os resultados da pesquisa de campo onde a Realidade Virtual foi aplicada como ferramenta para visita imersiva em uma organização da indústria de óleo e gás e por fim seguirá a conclusão deste trabalho na última seção.

1.5 Aspectos Metodológicos

Quanto aos objetivos, esta pesquisa tem caráter exploratório, que tem como objetivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias (GIL, 2015). A pesquisa exploratória é utilizada nos casos em que é necessário definir o problema com maior precisão, cujo objetivo principal é fornecer critérios e compreensão de fatos e dados (MALHOTRA, 2001). Nessa perspectiva, este estudo caracteriza-se por identificar quais diretrizes de design podem apoiar o processo de desenvolvimento de ferramentas de autoria de RV mais intuitivas e sua aplicação em um experimento a fim de trazer mais evidências de suas contribuições no processo de desenvolvimento dessas ferramentas.

Quanto ao tipo, esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, que é um meio de explorar e compreender o significado que indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano. O processo de pesquisa envolve as questões e procedimentos que emergem, os dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise dos dados construídos indutivamente desde as particularidades até os temas gerais e as interpretações feitas pelo pesquisador sobre o significado dos dados. (CRESWELL JW & CRESWELL, 2017).

Quanto à estratégia de pesquisa este trabalho adotará Design Science Research, que se propõe ser uma forma de produção de conhecimento científico que envolve o desenvolvimento de uma inovação, com a intenção de resolver problemas do mundo real e, ao mesmo tempo, dar uma contribuição científica (DRESCH; LACERDA; JUNIOR, 2015).

A Design Science Research propõe unir teoria e prática para unir o rigor da pesquisa científica com a relevância da pesquisa aplicada desenvolvida dentro das organizações. O conhecimento é produzido no contexto da aplicação, que pode ser a indústria, o governo ou a sociedade.

Um conceito fundamental no paradigma de pesquisa DSR é o de artefato, algo que é artificial, ou construído por humanos, em oposição a algo que ocorre naturalmente. Neste contexto, um designer responde a questões relevantes para os problemas humanos através da criação de artefactos inovadores, contribuindo assim com novos conhecimentos para o corpo de evidências científicas. Os artefatos projetados devem melhorar as soluções existentes para um problema ou fornecer uma primeira solução para um problema importante, propondo-se ser úteis e fundamentais para a compreensão deste problema (LACERDA et al., 2013).

Para atingir os objetivos específicos desta pesquisa e em consonância com as etapas da Design Science Research, foram aplicados os seguintes métodos,

semelhantes aos empregados em estudos anteriores (GREGOR; HEVNER, 2013; PEFFERS et al., 2007):

- Para atingir os Objectivos 1 e 2 foi realizada uma revisão da literatura seguindo os Itens de Relatório Preferenciais para Revisões Sistemáticas e princípios de Meta-Análise (PRISMA) (PAGE, 2021) e um método que inclui planejamento, escopo, pesquisa, avaliação e sintetização (BOOTH et al., 2022);
- Para cumprir o Objetivo 3, foi verificado e identificado a aplicabilidade da adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas através de projeto piloto revisando-as através de avaliações de especialistas; e
- Para atingir o Objetivo 4, foram avaliados e propostos os requisitos levantados e as diretrizes identificadas através do projeto piloto como exemplo.

Para melhor explicitar a aderência e vínculos entre objetivos, questões de pesquisa e técnicas selecionadas para tratamento dos dados, foi elaborada uma matriz de amarração do estudo, com o intuito de facilitar a visualização, de forma sistematizada, da proposta do trabalho.

Quadro 1 - Matriz de Amarração da Metodologia

Objetivo Geral: Desenvolver um conjunto de recomendações práticas e metodológicas para desenvolvimento de visitas imersivas em ambientes de realidade virtual na indústria no setor de produção de gás.	Objetivos Específicos	Paradigma	Abordagem Metodológica	Instrumentos de Coleta	Métodos e Técnicas de Análise de Dados
	Abordar casos de estudo e exemplos práticos de implementação de visitas imersivas utilizando realidade virtual na indústria	Design Science Research	Pesquisa Qualitativa	Protocolo PRISMA	Revisão Sistemática da literatura
	Identificar a existência de requisitos técnicos e de infraestrutura necessários para a implementação de sistemas de realidade virtual para visitas imersivas na indústria de óleo e gás			Protocolo PRISMA + Pesquisa de Campo	Revisão Sistemática da literatura + Análise de Conteúdo
	Mapear e identificar os desafios barreiras para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás			Questionário UTAUT + Grupo Focal	Análise de Conteúdo
	Propor orientações para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em plantas industriais de óleo e gás			Grupo Focal	Análise de Conteúdo

Fonte: Elaboração própria 2024

Nos capítulos subsequentes, quando estes objetivos específicos são abordados, a metodologia utilizada em cada uma destas fases é descrita com mais detalhe.

1.6 Organização do trabalho

Este documento de dissertação está organizado no formato multipaper sendo organizado em capítulos onde os capítulos 2 e 3 são publicações em formato de artigos submetidos às revistas Navus e Revista Tecnologia e Sociedade respectivamente Para uma melhor apresentação e entendimento do mesmo seguem abaixo a descrição de cada capítulo:

- Capítulo 1 - Introdução: Constitui a introdução, objetivos, aspectos metodológicos e a organização do trabalho apresentado documento. Neste capítulo é discutido o contexto geral que sustenta a importância do desenvolvimento do estudo, destacando as principais contribuições científicas;
- Capítulo 2 - Visitas Virtuais em Instalações Industriais: uma Revisão da Literatura, como parte do desenvolvimento do Objetivos Específicos 1 e 2 deste trabalho, nomeadamente abordar casos de estudo e exemplos práticos de implementação de visitas imersivas utilizando realidade virtual na indústria e identificar a existência de requisitos técnicos e de infraestrutura necessários para a implementação de sistemas de realidade virtual para visitas imersivas na indústria de gás;
- Capítulo 3 - Como parte do desenvolvimento dos Objetivos Específicos 3 e 4, nomeadamente mapear e identificar os desafios barreiras para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de gás e propor orientações para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em plantas industriais de gás;
- Capítulo 4 - Considerações Finais: As considerações finais do trabalhos, suas aplicações para a indústria e sugestões para pesquisas futuras são apresentados.

CAPÍTULO 2

2. Immersive Tours of Industrial Facilities: an opportunities and challenges review

Os objetivos específicos 1 e 2 deste trabalho, nomeadamente abordar casos de estudo e exemplos práticos de implementação de visitas imersivas utilizando realidade virtual na indústria e identificar a existência de requisitos técnicos e de infraestrutura necessários para a implementação de sistemas de realidade virtual para visitas imersivas na indústria de óleo e gás serão abordados abaixo em formato de artigo que será submetido a Revista Navus. O artigo é uma revisão sistemática da literatura baseada em metologia a fim de amparar a pesquisa de campo bem como suprir os objetivos específicos 1 e 2.

Visitas Imersivas a Instalações Industriais: uma revisão sobre oportunidades e desafios

Immersive Tours of Industrial Facilities: an opportunities and challenges review

Luiz Gutemberg Santiago Dias Junior https://orcid.org/0000-0002-3998-353X	Master's Student in Industrial Technology and Management. Department of Industrial Management and Technology, SENAI CIMATEC University Center - Brazil. luiz.j@aln.senaicimatec.edu.br
Ademário Lopes Ferreira dos Santos https://orcid.org/0009-0009-6671-0877	Master in Computational Modeling and Industrial Technology. Bahia Gas Company (BAHIAGAS) - Brasil. ademariosantos@bahiagas.com.br
Fábia Cunha Ferreira Santos https://orcid.org/0009-0005-4251-838X	PhD Student in Industrial Management and Technology. Oswaldo Cruz Foundation. - fabiacunhaf@gmail.com
André Martins Cordeiro https://orcid.org/0009-0002-8359-3886	PhD Student in Industrial Management and Technology and Master in Public Administration - Oswaldo Cruz Foundation - amcordeiro@yahoo.com.br
Paulo Eduardo Ambrosio https://orcid.org/0000-0002-6043-3591	Doctor in Medical Science - Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Engenharias e Computação - Brasil -
Rui Silva https://orcid.org/0000-0002-7929-0367	Ph.D. Mechanical Engineering. COMEGI, Universidade Lusíada - Portugal. d1207@fam.ulusiada.pt ;
Cristiano Vasconcellos Ferreira https://orcid.org/0000-0001-9928-5525	PHD in Mechanical Engineering. Technological Center of Joinville, Federal University of Santa Catarina (UFSC) - Brasil. cristiano.v.ferreira@ufsc.br
Ingrid Winkler https://orcid.org/0000-0001-6505-6636	PhD in Management. Department of Industrial Management and Technology, SENAI CIMATEC University Center - Brazil. ingrid.winkler@doc.senaicimatec.edu.br

RESUMO

O uso da realidade virtual (RV) está crescendo no setor industrial, incluindo sua aplicação em tours de instalações. Este artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura qualitativa focada na investigação do uso de RV para a realização de tours imersivos em plantas industriais. O estudo enfatiza a identificação dos requisitos de desenvolvimento e recursos necessários para a implementação, bem como a comparação dos resultados com métodos tradicionais de treinamento e familiarização. A pesquisa revisou artigos publicados em agosto de 2023 no banco de dados Dimensions.ai. A metodologia seguiu as diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), usando a ferramenta Parsif.ai para auxiliar na revisão da literatura. Além disso, o método "bola de neve" foi empregado para ampliar a busca por estudos relevantes. A análise dos estudos revisados revelou que a RV pode oferecer benefícios significativos, como melhor eficiência de comunicação, redução de custos operacionais e maior segurança nas instalações. No

entanto, a pesquisa também destacou a falta de diretrizes específicas para a implementação de tours imersivos na indústria. As descobertas sugerem que, embora a RV tenha um potencial considerável, há necessidade de mais pesquisas e publicações na área para estabelecer as melhores práticas e promover sua adoção efetiva em organizações industriais.

Palavras-chave: tour virtual, tours imersivos, realidade virtual, indústria.

ABSTRACT

The use of virtual reality (VR) is growing in the industrial sector, including its application for facility tours. This article presents a qualitative Systematic Literature Review focused on investigating the use of VR for conducting immersive tours in industrial plants. The study emphasizes identifying the development requirements and resources necessary for implementation, as well as comparing the results with traditional methods of training and familiarization. The research reviewed articles published in August 2023 in the Dimensions.ai database. The methodology followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, using the Parsif.ai tool to assist in the literature review. Additionally, the "snowball" method was employed to broaden the search for relevant studies. The analysis of the reviewed studies revealed that VR can offer significant benefits, such as improved communication efficiency, reduced operational costs, and enhanced safety in facilities. However, the research also highlighted the lack of specific guidelines for implementing immersive tours in the industry. The findings suggest that while VR holds considerable potential, there is a need for further research and publications in the field to establish best practices and promote its effective adoption in industrial organizations.

Keywords: virtual tour, immersive tours, virtual reality, industry

1 INTRODUCTION

Virtual reality (VR) has been used in various industrial sectors. In manufacturing, for example, the efficiency and flexibility of the processes increasingly depend on the use of recent technological tools (GAUDIO et al., 2023), including virtual reality, in applications such as staff training (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023), or even machine training (SALLES et al., 2023), and the creation of virtual environments with digital twins (GAUDIO et al., 2023), among others.

Virtual Reality technologies are capable of digitally reconstructing the real world, including spaces and objects, which can be explored through appropriate devices, interacting with production sites and products (CAVALLARO et al., 2021).

Another area of the industry where VR is being utilized is for visiting industrial areas through immersive tours. Companies can offer an immersive virtual tour to potential clients, capable of simulating real interaction with the product and the production site even at considerable distances (CAVALLARO et al., 2021). Potential users of the products can experience an immersive tour that simulates user interaction, enhancing their knowledge of the production process and further enriching what users typically experience during the production process in traditional tours (CAVALLARO et al., 2021).

Virtual tours allow users to explore at their own pace and expand their learning experience by providing additional resources, such as the ability to read technical drawings (CARDONA et al., 2023). A virtual tour represents a unique classification within the realm of virtual experiences, specifically designed to simulate the experience of exploring a destination (CARDONA et al., 2023). And when the virtual environment is a photorealistic copy of the real world—captured by 360-degree photos or videos, it ensures an immersive experience closer to what one would experience in the real world if the visitor were physically there (NETLAND et al., 2023).

Immersive tours open a new prism for the industry, where visits to manufacturing units can be conducted from anywhere in the world with a connection and the necessary equipment. These tours can be used to complement or replace field visits; they are commonly used in social studies, geography, life sciences, and ancient civilizations curricula, (CARDONA et al., 2023) opening up opportunities for manufacturing companies to expand their market, reaching a broader audience compared to current physical tours (CAVALLARO et al., 2021). Moreover, virtual reality and augmented reality can be used to integrate the real world with data from various sources, enriching them with media, textual, and graphic data (BARRILE et al., 2019).

Although Virtual Reality has several applications in different sectors of the economy, its use for immersive tours in industrial facilities is still little explored in the current literature.

This topic is relevant because it addresses a gap in current research. The research aims to solve the problem of how Virtual Reality, when used as a tool for immersive tours, compares to traditional methods of training and familiarization. For this, aspects such as efficiency in information communication, reduction of operational costs, and improvement in safety will be considered.

In this context, this study aims to review the knowledge on the use of virtual reality for immersive tours in industrial plants, detailing the development requirements and resources necessary for implementation, and comparing the results with traditional methods.

This review will contribute to guiding new studies on the application of VR for immersive tours in the industry.

In this document, Section 2 describes the materials and methods used, Section 3 presents, analyzes, and discusses the results, and Section 4 provides conclusions and suggestions for future research.

2 MATERIALS AND METHODS

In conducting this systematic literature review, a qualitative method was used to identify the central problems of the research field (WEYANT, 2022). The study is exploratory, as there is not a

large amount of research on the use of virtual reality as a tool for immersive tours. The idea needs to be studied and understood, and qualitative research is particularly useful in situations where the researcher is unsure of which critical variables will be examined (WEYANT, 2022).

This review followed the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, which were designed to "help systematic reviewers transparently report why the review was conducted, what the authors did, and what they found" (PAGE, 2021). Additionally, it followed a process that comprises the following seven steps: planning, scope definition, published research search, evidence base evaluation, synthesis, analysis, and writing (BOOTH et al., 2021). The Parsifal tool was also used to support the SLR. Parsifal, based on the works of Kitchenham and Charters, is a powerful tool that includes steps for identifying, planning, conducting, extracting data, evaluating, and interpreting primary or secondary studies available in relevant scientific databases to answer research questions about a specific theme or research area (KEELE, 2007).

As preceded by the authors Dias Junior et al. (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023), a senior researcher in immersive technologies applied to industrial processes defined the initial search strategy, which was then individually evaluated by three other senior researchers. Qualitative research is interpretive research (WEYANT, 2022); therefore, it is relevant for the results of this study that the authors have strong experience with immersive technologies, industrial innovation, and digital transformation, among others.

The strategy resulting from this validation process is described in the following sections.

2.1. Planning

The knowledge bases that will be investigated are determined during the planning stage (BOOTH et al., 2021). An initial exploratory search was conducted in the scientific database Dimensions.ai.

2.2. Defining the Scope

Defining the scope involves presenting appropriate research questions; therefore, four main questions were selected for this systematic review:

Q1 - What are the requirements for the development of immersive VR tours in industrial facilities?

Q2 - Considering factors such as the effectiveness of knowledge transmission, reduction of operational costs, and improvement in safety, how has virtual reality been used as a tool for the development of immersive visits in industrial facilities?

Q3 - Can the results of using virtual reality as a tool for immersive tours be compared to traditional approaches for training and familiarization?

Q4 - What resources are necessary for the use of VR as a tool for the development of immersive tours in industrial plants?

2.3. Literature Review

In the literature search stage, a specific search string was used to query the database configured during the planning stage, based on the research questions outlined in the scope definition.

The search phrase was "immersive industrial visits," and the publication type was articles. This exploratory search returned four articles, of which three (CARDONA et al., 2023; CAVALLARO et al., 2021; NETLAND et al., 2023) were selected for addressing topics related to this study and served as the basis for a new search.

After analyzing the articles, the snowball method (WOHLIN, 2014) was applied to expand the research. For each retrieved article, we expanded the search by examining the bibliography of each article to identify relevant articles that align with this research. The search was conducted in August 2023 and returned 122 works.

2.4. Evaluating the Evidence Base

The evaluation stage uses inclusion and exclusion criteria filters to reduce the number of documents found during the literature search—selecting those that are relevant to the research questions (BOOTH et al., 2021). The criteria applied to the retrieved documents were:

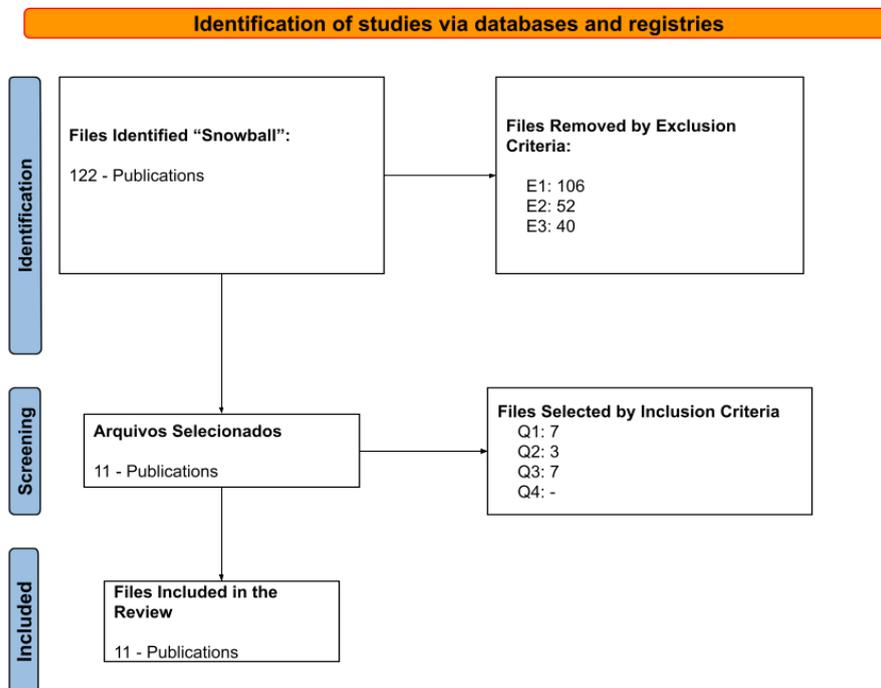
- E1: Exclude documents published before 2018;
- E2: Exclude documents not written in English;
- E3: Exclude duplicate documents;
- E4: Exclude documents not aligned with the theme;
- E5: Exclude documents that are not open access.

The year 2016 marked a turning point in technological advancement with the public release of the first technologically advanced VR headsets (SIRCAR et al., 2021); furthermore, 2016 saw the greatest increase in global research on virtual reality (ZENG et al., [n.d.]). Academics and professionals agree that the equipment released in 2016 was a “major breakthrough” for virtual reality applications (KHAN, 2015; LAI, 2015), which is why the project team focused on more recent works to ensure that the state of the art is better supported in the present day.

2.5. Synthesizing and Analyzing

Figure 1 depicts the flow of the systematic review from the search for published studies to the synthesis of the processes. After applying the filters, excluding redundant and duplicate articles that were not compatible with the study, eleven publications were deemed eligible.

Figure 1 - PRISMA Diagram



Source: (PAGE, 2021)

The textual information is analyzed in qualitative research projects, allowing researchers to interpret themes or patterns that emerge from the data (WEYANT, 2022). The data analysis

procedures aim to extract meaning from the text; they involve segmenting, deconstructing, and reconstructing the data (WEYANT, 2022). In terms of data analysis steps and procedures used to interpret and validate the collected data, non-numerical text analysis was employed, with the type of interpretation consisting of themes and patterns to identify design guidelines, and a peer specialist interrogation strategy to validate the results.

Regarding the non-numerical analysis and interpretation of themes and patterns, Microsoft Excel was used to manually code the collected data, that is, text data collected was organized by placing segments in brackets into categories and labeling them with a title.

Table 1 lists the eleven articles retrieved by the search strategy. For each of the four research questions, the following scores were assigned: Complete Answer assigned 1 point, Partial Answer 0.5 points, and Not Answered 0 points.

Table 1 - Publications According to Guiding Research Questions

Ref.	ANO	Q1	Q2	Q3	Q4	SCORE
(CAVALLARO et al., 2021)	2021	1	-	1	-	2
(KUMAR et al., 2021)	2021	-	1	1	-	2
(MAKRANSKY; MAYER, 2022)	2022	-	1	1	-	2
(ECKERT; MOWER, 2020)	2020	-	0,5	1	-	1,5
(ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019)	2019	0,5	-	1	-	1,5
(LUO et al., 2022)	2022	0,5	-	1	-	1,5
(PARONG; MAYER, 2018)	2018	-	-	1	-	1
(RADIANTI et al., 2020)	2020	0,5	-	-	-	0,5
(RITTER; CHAMBERS, 2019)	2019	0,5	-	-	-	0,5
(MANDER; VISHNU; LOVREGGIO, 2022)	2022	0,5	-	-	-	0,5
(GROSSER et al., 2023)	2023	0,5	-	-	-	0,5

Source: The authors (2024)

The references (CARDONA et al., 2023; NETLAND et al., 2023) did not answer any of the guiding research questions, so they were not listed in Table 1. In the end, each publication received a score, and the higher the score, the greater the importance of the publication for this work, given its correlation with the research questions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of the materials selected in the review section resulted in the selection of publications that helped answer the guiding questions. One observation made by the team is that none of the publications addressed question 4, which suggests the novelty of this research and its relevance to the academic field. To facilitate the discussion of the results, they were related to each guiding question.

Q1 - What are the requirements for developing immersive tours in industrial plants?

The review of the materials for this research showed that there are no specific requirements for developing immersive tours in industrial plants; the same technologies used for developing immersive tours in other areas can easily be applied to industrial areas, as asserted by (MANDER;

VISHNU; LOVREGLIO, 2022), allowing many more users (without programming experience) to create customized virtual field trips, since all steps can be easily executed with software tools available on the market.

The literature review by Radianti et al., which comprised a systematic review of immersive virtual reality applications for higher education, found that 76% of the studies used next-generation HMDs, such as Oculus Rift or HTC Vive (RADIANTI et al., 2020). Many of these next-generation VR systems use various support tools, such as controllers, touchpads, and haptic feedback. In this review (RADIANTI et al., 2020) of 41 VR technology counts, eight used low-budget mobile VR, for example, some used a smartphone and Google Cardboard for the VR environment; however, interactive manipulation was performed through a desktop monitor connected to the mobile application. Others used an additional Racing Wheel G27 to control the VR environment (RADIANTI et al., 2020).

The authors (RADIANTI et al., 2020) also discussed the diversity of design elements used in different learning contexts. In the study, the Worldwide Telescope 3D application was proposed to explore the planetary surface, elevation maps, and solar systems (RADIANTI et al., 2020). In another study, a virtual reality environment was built to learn about fire safety and evacuation signals. Another example suggests a VR design for conducting experiments, watching pre-recorded lectures, and recognizing components of informative laboratories. Both studies incorporate practical-procedural content, with realistic VR environment objects such as human skeletons, planets, and machine rooms (RADIANTI et al., 2020).

To learn about geological information and risks, such as the crater of an active volcano, they proposed the ARGO3D platform. Students can travel through the environment, fly, and take photos using the platform (RADIANTI et al., 2020). To promote user interaction, they suggested MaxWhere as a collaborative VR arena (ViRCA). It is possible, for example, to assign tasks to others, create new content, and work on shared documents (RADIANTI et al., 2020). To improve social skills and interaction, they suggested a VRLE platform with an instructor and a group of users, who, through virtual voices and hands, interact with the environment and with teachers and colleagues (RADIANTI et al., 2020).

Another example (RADIANTI et al., 2020) could be the Interaction with Virtual Environment (VEnvl) to teach dance, logic, and programming. Users can create pseudocode as visual programming by choosing dance moves. They can also see a virtual co-located self-avatar that mimics their own movements, look around in the virtual world, and experience a high degree of presence while choosing drag-and-drop for various movements or steps, such as advancing, retreating, crouching, and jumping. The behavioral impact that occurred is demonstrated by the change in perception about computer science and computer scientists, emphasizing that learning programming can be fun (RADIANTI et al., 2020).

Ritter and Chambers (RITTER; CHAMBERS, 2019), whose work aimed to develop a virtual reality training application using guided virtual tours of research and testing in photovoltaic energy, present a scale model of the PART lab that is initially modeled in SolidWorks. This model was imported into Maya to give each object photorealistic textures. Then, the model is adjusted to improve rendering speed to ensure that the frames per second (FPS) are high enough to provide a comfortable experience in virtual reality. The Microsoft Kinect V2 can record and transmit the voice and movements of the solar energy expert to the virtual instructor's avatar. Throughout the application, the Interactive Virtual Solar Instructor Robot served as a guide and had the ability to visually and vocally interact with students during the tour (RITTER; CHAMBERS, 2019).

In the study by Rohizan et al., which produced an enhanced visitor experience through the virtual tour of a student campus, specific devices were used for image capture (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019). By using the Mi Sphere 360 camera, the process is accelerated because it has an

image converter, which copies the images to the next process instead of using other software. The combination of several photos is used to create the panoramic view. It is the combination of several photographic images with overlapping fields that make up the virtual environment (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019). When the photos are stitched, Adobe Photoshop is used to improve the quality of the images. This is crucial to improve the quality of images for human viewing, eliminating noise and blur, increasing contrast, and other elements. CUPIX was the cloud-based software used as a solution for the next-generation 3D virtual tour, allowing users to capture an internal scene and create a realistic virtual experience simply. The software automatically connects the scenes when loading panoramic images (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019).

Cavallaro et al. (CAVALLARO et al., 2021), in their work on virtual tours to promote a remote experience for clients of an establishment, first assumed Unity3D as the main development platform to generate virtual and immersive content to create a realistic simulation. Furthermore, a specific VR platform (SteamVR) is used to take advantage of the VR space using a head-mounted display (HMD), managing specific camera settings to adjust the user's correct point of view. Video editing software tools (Insta360 Studio 2020 and Premiere Pro) are used for video recording and post-processing. Additionally, Blender is adopted for high-quality 3D modeling and rendering. Finally, Reaper was useful for audio editing and recording correction on storytelling through the narrative voice (CAVALLARO et al., 2021).

Regarding hardware devices, the HTC Vive Pro Eye is primarily used as the HMD. It is equipped with 32 infrared sensors for 360-degree tracking, a gyroscope, an accelerometer, and a laser position sensor (CAVALLARO et al., 2021). The Leap Motion controller allowed hand tracking and gesture recognition to make users interact with their own hands (CAVALLARO et al., 2021).

To photograph immersive content and digitize real locations, a 360 camera (Insta 360 One X) can be used together (CAVALLARO et al., 2021); a reflex camera (Nikon D3500) is used for texture collection. A smartphone is adopted for the remote control of the One X camera, to transmit the camera's point of view in real-time and the light effect settings. Finally, a high-quality recorder (Roe Microphone NT1A) is used for audio recording (CAVALLARO et al., 2021).

Luo et al. (LUO et al., 2022), in their study of immersive virtual field trips with virtual reality in construction education, proposed a prototype in HoloBuilder for individual virtual field trips (VFTs) built with a mixed use of 2D plans, 3D asset models (imported from conventional 3D information modeling applications such as Autodesk Revit and Trimble SketchUp), regular or 360-degree images or videos, audio recordings, PDF documents, etc. (LUO et al., 2022).

Grosser et al. developed a project called VR4Hydro, which combines 3D panoramas of the research area's influence with measurement and GIS data displayed in VR (GROSSER et al., 2023). Additional aerial images were created using drones. User interaction occurs through keyboard, mouse, and touch inputs. The DJI Mini 2 drone was used to record the aerial panorama and videos, and the Insta360 ONE X2 camera was used to create ground panoramas (GROSSER et al., 2023). Parallax, an error caused by the angular position difference of two stationary points, is present in stitched panoramas. Adobe Photoshop was used to correct these errors (GROSSER et al., 2023). In this project, the Pano2VR Pro program was used to create panoramic images in an interactive virtual tour and present them in a web browser. The Pano2VR Pro virtual tour software can transform panoramic photos and videos or 360° into interactive experiences. After compilation and processing, the model was stored on an online server. The model's HTML file is the main entry point (GROSSER et al., 2023).

**In the study by Mander et al. using 360-degree virtual tours to teach construction students, user perceptions of implementing virtual field trips using 360 photos made this application more plausible (MANDER; VISHNU; LOVREGLIO, 2022). Such applications were originally difficult to

develop because they required the use of game engineering (e.g., Unity or Unreal), which demanded more in-depth knowledge of the area (MANDER; VISHNU; LOVREGLIO, 2022).

Table 2 - Method, Software, and Hardware Used in the Reviewed Studies

Ref.	MÉTODO	SOFTWARE	HARDWARE
(CAVALLARO et al., 2021)	360° Video Tape	Unity3D	HTC Vive pro eye
(CARDONA et al., 2023)	Analysis and Literature Review	Not Presented	Not Presented
(NETLAND et al., 2023)	360-degree photos and 360-degree videos	Created an SVVR application called FactoryVR.	Smartphones, tablets or computadores.
(KUMAR et al., 2021)	Development of a virtual reality platform	Unity 3D. In addition to the SteamVR Unity Plugin to configure the hardware and software interface	Complete HTC Vive Pro Eye Kit.
(MAKRANSKY; MAYER, 2022)	Virtual field trip accessed via a 3D HMD	Only the audio software used was presented, where a narration was recorded and merged with the existing audio using professional audio equipment (Blue's Yeti)	Samsung S7 or S8 using the Samsung Gear VR head-mounted display.
(ECKERT; MOWER, 2020)	Interpersonal Skills Training Module .	Software CoPilot e Runway da Talespin para hospedar a parte VR do estudo.	Oculus Quest
(ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019)	Panoramic images through the stitching method.	By using the Mi Sphere 360 camera, the process is accelerated, as the device comes with an image converter that is used to stitch the image for the next process instead of using other software to do so. Adobe Photoshop is used to enhance the image quality. CUIPIX is the 3D virtual tour solution.	Not Presented
(LUO et al., 2022)	Enhanced immersive VFT solution.	Autodesk Revit and Trimble SketchUp and the HoloBuilder as VR platform.	The platform is flexible and accessible to conventional devices (HTC Vive, Vive Pro, Cosmos; Oculus Rift/Go/Quest, Google Cardboard, etc.) and also web browsing on any device.
(PARONG; MAYER, 2018)	Interactive biology simulation called The Body VR: Journey Inside a Cell (The Body VR, 2016).	The VR lesson was presented to the participants using the Steam software.	A Dell Alienware computer and an HTC Vive.
(RADIANTI et al., 2020)	Systematic mapping of existing VR literature	Not Presented	Not Presented

	highlighting the immersive aspect of VR to address research questions.		
(RITTER; CHAMBERS, 2019)	The PV-VR application was initially designed to offer virtual tours of the PART lab while explaining various solar technologies.	This application was developed using the Unity game engine, the Audacity digital audio editor, and the 3D graphic computing applications Solidworks, Blender, and Maya. .	Laptops were used with the Oculus CR1 for display and the Oculus Touch remote for interaction.
(MANDER; VISHNU; LOVREGLIO, 2022)	Self-guided VTF tours of the MU campus library in Auckland. .	Not presented	Not presented
(GROSSER et al., 2023)	VR4Hydro project, which combines 3D panoramas of the research area's influence with measurement data and GIS displayed in VR. .	In this project, the Pano2VR Pro program was used to create panoramic images in an interactive virtual tour and present them in a web browser. Post-processing to remove errors was done in Adobe Photoshop.	VR4Hydro can operate through a web browser on personal computers and mobile devices, as well as in VR mode on smartphones.

Source: The authors (2024).

As can be observed, there is no set of guidelines for the adoption of virtual reality as a tool for immersive tours in industrial plants. In the literature reviewed, no study was found that exclusively addressed this approach.

4 CONCLUSION

This article presented a systematic literature review on the use of virtual reality (VR) as a tool for immersive tours in industrial facilities, highlighting the relevance and innovation of this approach in a still-developing field. The research revealed that, despite the growing adoption of VR in various sectors, its specific application in industrial environments remains limited, with no specific recommendations for the implementation of immersive tours in industrial facilities found in the literature reviewed. Nevertheless, several of the studies addressed the guiding questions of the research, particularly by revealing that the results obtained from using virtual reality as a tool for immersive tours can be compared to those obtained from using traditional training and familiarization approaches. Furthermore, they indicated that VR could enhance information transmission and the learning experience, providing a more interactive and engaging approach. Additionally, they demonstrated how virtual reality has been used as a tool for developing immersive tours in industrial facilities when considering factors such as knowledge transmission effectiveness, operational cost reduction, and safety improvement.

A wide range of research addresses the use of VR as a tool for immersive tours in educational settings and its commercial use for creating a more sensory and inclusive experience for users. Limitations of applying VR as a tool for industrial immersive tours were also noted, indicating that,

compared to real tour methods, the latter offer the possibility of direct contact with the instructor/guide. However, this aspect can be overcome with the adoption of artificial intelligence linked to VR immersive tours through software planning and engineering. Moreover, the research highlighted the scarcity of specific literature on the implementation of immersive tours in industrial environments, indicating a gap that should be filled by future investigations. Most of the studies reviewed were found in open-access repositories, which demonstrates the scientific community's growing interest in sharing knowledge and promoting the dissemination of innovative practices.

In summary, VR represents an opportunity to transform the way the industry conducts training and familiarization of new employees. The adoption of this technology can not only improve operational efficiency but also open new paths for research and development of solutions that meet the specific needs of the sector. Therefore, continued investigation in this area by the academic community is essential to promote the expansion and integration of VR in the industrial environment.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank PRH27.1, ANP/FINEP, the Center of Competence in Onshore Integrated Solutions, and SENAI/CIMATEC for their financial support and research incentives, as well as the financial support from the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). IW is a CNPq Technology development fellow (Proc. 308783/2020-4).

REFERENCES

- BARRILE, V. et al. Integration of geomatics methodologies and creation of a cultural heritage app using augmented reality. **Virtual Archaeology Review**, v. 10, n. 20, p. 40, 28 jan. 2019.
- BOOTH, A. et al. **Systematic Approaches to a Successful Literature Review**. 3rd. ed. London: SAGE Publications Ltd, 2021.
- CARDONA, H. et al. Virtual Tours to Facilities for Educational Purposes: A Review. **TEM Journal**, p. 1725–1731, 2023.
- CAVALLARO, S. et al. Virtual Tours to Promote the Remote Customer Experience. Em: NEWNES, L. et al. (Eds.). **Advances in Transdisciplinary Engineering**. [s.l.] IOS Press, 2021.
- DIAS JUNIOR, L. G. S.; FERREIRA, C. V.; WINKLER, I. Virtual Reality Applied to Product Development in the Oil and Gas Industry: A Brief Review. **JOURNAL OF BIOENGINEERING, TECHNOLOGIES AND HEALTH**, v. 5, n. 4, p. 329–334, 3 fev. 2023.
- ECKERT, D.; MOWER, A. The effectiveness of virtual reality soft skills training in the enterprise: a study. **PricewaterhouseCoopers**, p. 73, 2020.
- GAUDIO, M. R. S. et al. **Implementação de uma Plataforma de Gêmeo Digital de uma Planta Didática de Manufatura**. 2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON). **Anais...** Em: 2023 15TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS (INDUSCON). São Bernardo do Campo, Brazil: IEEE, 22 nov. 2023. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/10374947/>>. Acesso em: 15 mar. 2024
- GROSSER, P. F. et al. Virtual field trips in hydrological field laboratories: The potential of virtual reality for conveying hydrological engineering content. **Education and Information Technologies**, v. 28, n. 6, p. 6977–7003, jun. 2023.
- KEELE, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007.
- KHAN, F. Major HTC Vive VR “breakthrough” to be shown at CES 2016. **It’s the reason the Vive was delayed**, 18 dez. 2015.

KUMAR, V. V. et al. Virtual reality in chemical and biochemical engineering education and training. **Education for Chemical Engineers**, v. 36, p. 143–153, jul. 2021.

LAI, R. HTC Vive to demo a “very big” breakthrough in VR at CES. **HTC’s CEO promises it’s worth the wait.**, 18 dez. 2015.

LUO, Y. et al. Immersive Virtual Field Trips with Virtual Reality in Construction Education: A Pilot Study. **Annual Associated Schools of Construction International Conference**, EPiC Series in Built Environment. v. 3, n. 58, p. 614–623, 2022.

MAKRANSKY, G.; MAYER, R. E. Benefits of Taking a Virtual Field Trip in Immersive Virtual Reality: Evidence for the Immersion Principle in Multimedia Learning. **Educational Psychology Review**, v. 34, n. 3, p. 1771–1798, set. 2022.

MANDER, S.; VISHNU, P.; LOVREGLIO, R. Using 360-Degree Virtual Tours to Teach Construction Students. **AUBEA 2022**, p. 811–818, 2022.

NETLAND, T. et al. Immersive Learning with Virtual Field Visits: Spherical Video-Based Virtual Reality of Factory Environments. **INFORMS Transactions on Education**, 2023.

PAGE, M. J. (ED.). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Systematic reviews**, v. 10, n. 1, p. 1–11, 29 mar. 2021.

PARONG, J.; MAYER, R. E. Learning science in immersive virtual reality. **Journal of Educational Psychology**, v. 110, n. 6, p. 785–797, ago. 2018.

RADIANTI, J. et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. **Computers & Education**, v. 147, p. 103778, abr. 2020.

RITTER, K.; CHAMBERS, T. **PV-VR: A Virtual Reality Training Application Using Guided Virtual Tours of the Photovoltaic Applied Research and Testing (PART) Lab**. 2019 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. **Anais...** Em: 2019 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION. Tampa, Florida: ASEE Conferences, jun. 2019. Disponível em: <<http://peer.asee.org/33218>>. Acesso em: 22 abr. 2024

ROHIZAN, R. B.; VISTRO, D. M.; PUASA, M. R. B. Enhanced Visitor Experience Through Campus Virtual Tour. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1228, n. 1, p. 012067, 1 maio 2019.

SALLES, R. A. et al. Aprendizado de máquinas industriais utilizando realidade virtual. **Revista Educacional Interdisciplinar**, Temáticas Livres. v. 12, n. 2, p. 19–34, 2023.

SIRCAR, A. et al. Application of machine learning and artificial intelligence in oil and gas industry. **Petroleum Research**, v. 6, n. 4, p. 379–391, 2021.

WEYANT, E. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 5th Edition: by John W. Creswell and J. David Creswell, Los Angeles, CA: SAGE, 2018, \$38.34, 304pp., ISBN: 978-1506386706. **Journal of Electronic Resources in Medical Libraries**, v. 19, n. 1–2, p. 54–55, 3 abr. 2022.

WOHLIN, C. **Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering**. Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. **Anais...** Em: EASE '14: 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVALUATION AND ASSESSMENT IN SOFTWARE ENGINEERING. London England United Kingdom: ACM, 13 maio 2014. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2601248.2601268>>. Acesso em: 27 mar. 2024

ZENG, L. et al. **Landscapes and Emerging Trends of Virtual Reality in Recent 30 Years: A Bibliometric Analysis**. SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation. **Anais...**Guangzhou, China: [s.d.]. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8560289&isnumber=8559978>>

CAPÍTULO 3

3. Realidade Virtual Aplicada À Indústria De Óleo E Gás: Recomendação De Projetos Para Visitas Imersivas

Os objetivos específicos 3 e 4 desta pesquisa, nomeadamente mapear e identificar os desafios barreiras para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás e propor orientações para a adoção da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em plantas industriais de óleo e gás serão abordados abaixo em formato de artigo que será submetido a revista Tecnologia e Sociedade O artigo é um estudo exploratório onde um projeto piloto é implementado e através de dados obtidos em pesquisa de campo os resultados são apresentados.

INTRODUÇÃO

À medida que a indústria de óleo e gás continua a enfrentar desafios complexos, desde a exploração e produção até a distribuição e consumo, a necessidade de soluções disruptivas que otimizem processos e reduzam os custos operacionais é evidente. Nesse contexto, a Realidade Virtual (RV) oferece um meio poderoso para transformar a forma como as empresas do setor abordam a formação de funcionários, a visualização de instalações e a tomada de decisões estratégicas (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023).

A cadeia produtiva do gás natural é dividida em algumas etapas: exploração, produção, processamento, transporte e distribuição (TEIXEIRA, 2015). Durante as fases de exploração, produção e processamento, são extraídos gás natural e petróleo, realizado o processamento primário e separados os hidrocarbonetos mais pesados em suas respectivas frações metano e etano. Na Bahia durante a etapa de transporte e distribuição, o gás natural é transferido via dutos até as Estações de Transferência de Custódia (city gates), onde a custódia do gás natural dos produtores é transferida para as distribuidoras estaduais. Desde esses pontos, o gás natural é então comercializado aos consumidores finais, que podem igualmente ser industriais, comerciais, automotivos ou residenciais.

Os city gates, utilizam tecnologias para monitoramento remoto e controle de pressão do sistema da dívida, como o SCADA (Supervisor de Controle e Aquisição de Dados). Nesse sentido, tecnologias como a Realidade Virtual (RV) desempenham um papel significativo no desenvolvimento de soluções dentro da cadeia produtiva do gás natural (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023).

Neste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar os resultados do projeto piloto da aplicação de realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em uma planta industrial de gás natural. A metodologia aplicada foi a utilização de pesquisa de campo atrelada ao uso de questionários e entrevistas com grupo focal de especialistas onde foram analisados os resultados.

Este trabalho está organizado descrevendo os materiais e métodos da pesquisa na seção 2 e avaliando a eficácia da realidade virtual como meio de transmissão de conhecimento técnico e operacional aos profissionais da indústria de óleo e gás na seção 3, onde após esta análise foi possível comparar com métodos tradicionais de treinamento e familiarização utilizados. Quantificou as potenciais reduções de custos operacionais alcançadas pela adoção da realidade virtual para visita imersiva, considerando elementos como deslocamento de pessoal, tempo de treinamento e recursos materiais quando apresentou resultados de pesquisa de utilização e aceitação da tecnologia na seção 3. E por fim investigou a utilização da realidade virtual na melhoria da segurança dos trabalhadores da indústria pesquisada, analisando a capacidade da tecnologia em simular ambientes de risco e em proporcionar treinamento prático sem exposição direta a perigos reais através da análise do grupo focal também apresentado na seção 3 deste trabalho. E por fim, chegando a conclusão na seção 4 deste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é exploratório, pois a pesquisa sobre avaliação de treinamento industrial utilizando tecnologia imersiva é muito recente, tornando a pesquisa qualitativa uma abordagem mais adequada, segundo (CRESWELL; CRESWELL, 2018). Três pesquisadores seniores em realidade virtual e aplicações industriais definiram a estratégia inicial da pesquisa, que foi então avaliada por cinco especialistas e estudantes, e finalmente todos os autores realizaram uma revisão por pares da estratégia.

O paradigma do Design Science Research (DSR) foi seguido, o que não só contribui para o avanço do conhecimento, mas também aborda aplicações reais relacionadas ao problema ou oportunidade de pesquisa, de acordo com THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY et al., (2013). Segundo a taxonomia de artefatos do DSR, nosso estudo fornece um artefato do tipo "recomendações de projeto" (do inglês "design guidelines" (OFFERMANN et al., 2010).

Segundo a Design Science Research, essas recomendações de projeto servem como "suporte" e fornecem sugestões para comportamento em situações específicas. Uma recomendação oferece uma sugestão generalizada para o desenvolvimento de sistemas, muitas vezes estruturada como declarações do tipo "na situação X, pode-se/deve-se fazer Y" (OFFERMANN et al., 2010).

Foram seguidos os seis passos da DSR: (1) identificar o problema; (2) definir os objetivos da solução; (3) projetar e desenvolver o artefato; (4) demonstrá-lo; (5) avaliar o artefato; e (6) comunicar os resultados.

Nos passos 1 e 2 da DSR, o problema foi identificado e os objetivos da avaliação do treinamento industrial usando tecnologia RV foram definidos por meio de uma revisão sistemática da literatura sobre o assunto, cujos resultados foram publicados (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023).

Para o passo 3, que envolve o design e desenvolvimento do artefato, organizou-se os resultados observados na revisão da literatura em categorias preliminares.

O passo 4 da DSR envolve a demonstração do artefato, então foram aplicados questionários para 28 usuários avaliarem individualmente a aceitação e o uso de uma visita imersiva a uma planta industrial da Bahiagás, de acordo com a Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia 2 (UTAUT2) (VENKATESH et al., 2003). O UTAUT2 é um dos modelos mais adotados em pesquisas empíricas sobre o uso e aceitação de displays de cabeça com realidade aumentada, conforme Koutromanos e Kazakou (KOUTROMANOS; KAZAKOU, 2023).

Foi adotado o modelo padrão de questionário abordando os construtos Expectativa de Desempenho, Expectativa de Esforço, Influência Social, Condições Facilitadoras, Motivação Hedônica, Valor de Preço e Intenção de Comportamento. Excluímos apenas o construto Hábito, porque se relaciona à medida em que um usuário de sistema age automaticamente graças ao aprendizado, e sendo os tours imersivos uma aplicação recente, não seria possível avaliar situações como "O uso de tours imersivos pela planta industrial se tornou um hábito para mim", por exemplo.

Os questionários foram aplicados em dois momentos, sendo divididos em uso do óculos de realidade virtual HTC Vive Pro e do Meta Quest 2 por se tratarem de experiências diferentes para os usuários. Os questionários foram aplicados em

eventos distintos, sendo um evento teste para o uso da tecnologia e outro em um evento de tecnologia realizado em setembro de 2023 na cidade de Salvador/BA, as figuras 1 e 2 destacam a experiência.



Estes entrevistados responderam individualmente ao questionário padrão abordando os construtos: Expectativa de Desempenho (ED a ED3), Expectativa de Esforço (EE a EE3), Condições Facilitadoras (CF a CF4), Motivação Hedônica (MH a MH2), Valor do Preço (VP a VP2) e Intenção Comportamental (IC a IC2). Foi empregado estatística descritiva para analisar as respostas dos especialistas quanto à aceitação e uso da visita imersiva.

O passo 5 da DSR consiste em reunir evidências de que o artefato é útil, ou seja, que ele funciona e cumpre seu propósito, conforme Peffers et al (PEFFERS et al., 2007). Para tanto, realizou-se um grupo focal exploratório com oito especialistas interdisciplinares da nossa equipe de pesquisa (referidos neste texto como Expert1 a Expert8). Esse grupo focal foi realizado em julho de 2024 e as discussões foram transcritas usando a ferramenta Read AI.

Uma vez que a pesquisa qualitativa analisa informações textuais, permitindo que os pesquisadores interpretem temas ou padrões emergentes a partir dos dados (CRESWELL; CRESWELL, 2018), foram analisados os dados para extrair significado do texto, o que envolveu segmentar, deconstruir e reconstruir os dados.

Com base nas observações e nas discussões dos especialistas, foi compilado as recomendações de projeto. Os temas foram organizados em termos das seguintes quatro categorias, propostas por (SLATER et al., 2023): cenário, procedimentos, equipamento, e implementação.

O passo 6 da DSR consiste na publicação deste trabalho para comunicar os resultados, que são descritos nas seções seguintes.

Cenário

O projeto foi implementado por meio de um estudo piloto realizado na região de Mata de São João, BA, em parceria com a Companhia de Gás da Bahia (BAHIAGAS). O estudo ocorreu em uma estação de transferência de custódia, cujo objetivo era captar gás natural, transportado por dutos, proveniente de campos de produção de petróleo no Pólo Reconcavo. O trabalho buscou destacar a importância da digitalização industrial, promovendo o uso da Realidade Virtual (RV) em city gates, entre outras vantagens.

O uso de métodos como escaneamento a laser, aerofotogrametria e modelagem BIM ajudaram na realização do processo de digitalização do city gate. Essa abordagem destaca as possíveis interferências no entorno da estação além de permitir a visualização interna da Estação de Transferência de Custódia (ETC). Essa solução fornece à indústria de energia as inovações que as ferramentas de digitalização industrial e as imagens de drones podem oferecer. O planejamento minucioso de operações, estudos otimizados para a expansão de city gates, treinamento e simulação em ambientes imersivos, ou mesmo o uso de RV para facilitar a inspeção da faixa de dutos são alguns exemplos.

Procedimentos

Demanda da Gerência de Operações: A Gerência de Operações da organização reconheceu a necessidade de otimizar processos internos e melhorar a eficiência das atividades diárias. Diante desse desafio, a equipe de gerenciamento começou a buscar soluções inovadoras que pudessem trazer benefícios significativos.

Anseio em Como Encaixar a Tecnologia de Realidade Virtual: Impulsionados pelo desejo de inovação, a equipe de gerenciamento manifestou interesse em explorar a tecnologia de Realidade Virtual como uma maneira de modernizar seus processos operacionais. Eles se questionaram como essa tecnologia poderia ser integrada às operações existentes para trazer melhorias notáveis.

Maximizar as Vantagens da Realidade Virtual na Sua Utilização: Ao se depararem com as possibilidades oferecidas pela Realidade Virtual, a gerência se esforçou para entender como maximizar as vantagens dessa tecnologia. Eles visualizaram a oportunidade de usar a Realidade Virtual para criar um ambiente imersivo que pudesse ser empregado para diversos fins, como treinamento, segurança, manutenção e inspeção de dutos.

Parceria com Empresas Especializadas: Para transformar sua visão em realidade, a empresa contratou uma empresa especializada em tecnologia de escaneamento e Realidade Virtual. A empresa de escaneamento foi essencial na tomada de decisões sobre como implementar a tecnologia de RV de maneira eficaz.

Indicação do Fornecedor VirtualPlant para Hardware: Durante o processo de consultoria com a empresa de escaneamento, foi sugerido que a VirtualPlant, uma

fornecedora de hardware especializado em Realidade Virtual, poderia fornecer os dispositivos necessários para a implementação bem-sucedida da tecnologia.

Barreiras Encontradas e Superadas: O processo de integração da tecnologia de Realidade Virtual não foi isento de desafios. Uma das principais barreiras foi a dificuldade de integração do software de Realidade Virtual, uma vez que foi desenvolvido originalmente para o contexto de jogos, encontrando barreiras para sua implementação devido a questões relacionadas ao firewall e segurança de dados da companhia.

Processo de Aprovação e Aquisição: O projeto foi aprovado pelo setor jurídico e pela diretoria da empresa, que reconheceram o potencial das vantagens da Realidade Virtual. O setor de suprimentos foi responsável por elaborar a minuta do contrato, considerando todas as especificações técnicas discutidas com o fornecedor VirtualPlant.

Serviço Prestado e Componentes do Projeto: O serviço envolveu um processo completo de escaneamento, resultando na criação de uma nuvem de pontos que recriava o ambiente industrial em detalhes precisos. O manuseio dessa nuvem de pontos foi a chave para criar a experiência de Realidade Virtual imersiva. O hardware necessário para essa implementação foi adquirido pelo setor de compras e seguiu especificações técnicas definidas em colaboração com a VirtualPlant.

Aplicação e Futuras Possibilidades: O projeto piloto resultante desse esforço inovador visa melhorar a rotina operacional da empresa. A tecnologia de Realidade Virtual será utilizada para facility tours, treinamentos, atividades de manutenção e aprimorar a segurança. Além disso, a empresa vislumbra um uso futuro da tecnologia para verificar a integridade dos dutos, indicando um compromisso contínuo com a inovação tecnológica e aprimoramento operacional.

Equipamentos

O escaneamento a laser da Estação de Transferência de Custódia foi a primeira etapa do projeto piloto da ETC Mata de São João. O escaneamento a laser em alta definição foi realizado com o equipamento modelo FARO Focus Premium, resultando em uma nuvem de pontos composta por mais de 400 milhões de pontos e a aerofotogrametria com drones, que por meio da tecnologia RTK permite o cadastro de coordenadas geográficas.

Após, as imagens de levantamento aerofotogramétrico e escaneamento a laser foram processadas para criar uma nuvem de pontos mista (levantamento terrestre e aéreo) no mesmo ambiente e sistema de coordenadas.

Após esta etapa o software de nuvem de pontos para ambientes imersivos foi configurado usando os óculos de Realidade Virtual do modelo HTC VIVE PRO, conectados a uma workstation Dell com placa de vídeo da linha RTX e conectados por SteamVR.

A modelagem 3D BIM foi feita usando a nuvem de pontos dos ativos existentes da ETC, que inclui especificações de tubulações, tags de linha, equipamentos, válvulas, instrumentos, PSVs e muito mais. Isso cria a infraestrutura digital necessária para o ambiente imersivo colaborativo, bem como para outras atividades relacionadas à automação de projetos e gestão digital de ativos.

Outra etapa importante foi a criação do ambiente de treinamento onde a plataforma de inovação 3DExperience da Dassault Systèmes foi usada. A plataforma oferece suporte completo à modelagem 3D BIM e, por meio dos óculos HTC VIVE PRO, oferece suporte nativo a ambientes colaborativos imersivos. Além disso, é possível criar treinamentos em formato e/ou simulações em uma variedade de áreas que envolvem a operação desses ETC's, como automação, medição de gás e operação de dutos.

Outra forma de visualização é no formato web, onde a experiência permite que várias pessoas vejam a estação ETC Mata de São João ao mesmo tempo. A tecnologia que valida os resultados usa a visualização imersiva da ETC Mata São João, que dá aos usuários a sensação de estarem fisicamente presente em um ambiente digitalmente criado.

Implementação

O local do projeto piloto é distante aproximadamente 40 minutos de carro da base da empresa que fica situada no pólo petroquímico de Camaçari/BA. Uma das vantagens apresentadas é que se pode entrar na ETC sem precisar ir até o city gate. Além disso, ao planejar e executar rotinas operacionais, pode-se ver equipamentos de várias áreas (elétrica, automação, operação, etc.) sem precisar ir ao local. Essas tecnologias reduzem significativamente os riscos associados ao traslado de funcionários e à exposição a ambientes potencialmente perigosos, reduzindo a necessidade de presença física nas instalações. Além de permitir uma gestão mais eficaz de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS), isso reduz a probabilidade de acidentes de trabalho e incidentes durante o deslocamento.

A simulação realística e interativa permite que os funcionários recebam treinamento sólido e seguro em procedimentos importantes de segurança e emergência sem colocar em risco a prática real. É mais fácil treinar novos funcionários e mostrar a funcionalidade aos funcionários de contabilidade, finanças e diretoria com um ambiente imersivo à disposição. Possuir a capacidade de visualizar, navegar e interagir com estruturas virtuais de maneira semelhante à das estruturas reais sem os custos associados ao ambiente real oferece oportunidades de comunicação iguais para profissionais de diferentes culturas.

Na parte da implementação o Escaneamento a laser da Estação de Transferência de Custódia, para visualização através de realidade virtual da ETC Mata de São João e a disponibilização das imagens por meio de VR permitiu simular a inclusão de novos dutos na estação e fazer uma comparação com a estação atual. Além disso, foi possível realizar o escaneamento sem se deslocar pessoalmente a ETC.

Para o uso de realidade virtual através de imagens feitas através de drone a fim de identificar as interferências mais significativas na região, a equipe de integridade de dutos da Bahiagás e a empresa parceira VIRTUAL PLANT usaram um drone para coletar fotos do área ao redor do city gate. A nuvem de pontos foi criada após o processamento das imagens coletadas por drone. Como resultado, as fotos foram disponibilizadas para imersão por meio da realidade virtual.

Além disso, as imagens que já foram produzidas por meio do escaneamento do city gate e as imagens que foram disponibilizadas por drone foram combinadas em uma

única tela. A imersão dentro da ETC Mata de São João e a navegação aérea pelo entorno do city gate podem ser feitas em apenas uma tela.

O processamento de imagens por drone permite a navegação aérea (usando óculos VR) da área onde a ETC está localizada. No entanto, devido aos limites de armazenamento de arquivo produzidos pelo processamento de imagens (alta qualidade de imagens), gerando arquivos muito grandes que ocupam espaço significativo no disco rígido (acima de 30 GB), as imagens perdem qualidade quando a navegação a curta distância ocorre com os equipamentos. A imagem criada por drone combinada com as imagens escaneadas da ETC Mata de São João é mostrada na Figura 3 .

Figura 3 - Imagem Via Drone Combinada



Fonte: Os Autores (2024)

Os resultados mostram uma eficiência significativa na visualização e análise de interferências na região, bem como no planejamento de atividades, como a expansão do terreno do City Gate ou passagem de dutos na área.

A versão online da ETC Mata de São João foi disponibilizada por meio da colaboração da Bahiagás e da VIRTUAL PLANT e permite a visualização da ETC Mata de São João em formato web onde é necessário inserir o login e a senha usando o browser para endereçar.

A grande vantagem deste tipo de visualização é que pode ser usado por uma variedade de pessoas sem precisar usar óculos de RV adequados. Não há imersão neste caso, ainda assim, as imagens em formato 360° fornecem uma visão completa da ETC. Além disso, pode-se encontrar todos os documentos necessários para o projeto deste city gate neste link. Isso inclui plantas de tubulação, isométricos e um memorial descritivo. A figura 4 mostra a visualização da estação via web.

Figura 4 - ETC Mata de São João fotos 360°



Fonte: Os Autores (2024)

A expansão está prevista para esta estação com a incorporação de novos fornecedores de gás natural. Como a Bahiagás já possui plantas de tubulação e isométrico, esses documentos foram convertidos para 3D e inseridos no ambiente virtual, conforme ilustrado nas figuras 5 e 6.

Figura 5 - ETC Mata de São João em formato para RV com inclusão das tubulações a serem construídas (3D)



Fonte: Os Autores (2024)

Figura 6 - ETC Mata de São João em formato para RV com inclusão das tubulações a serem construídas (3D)



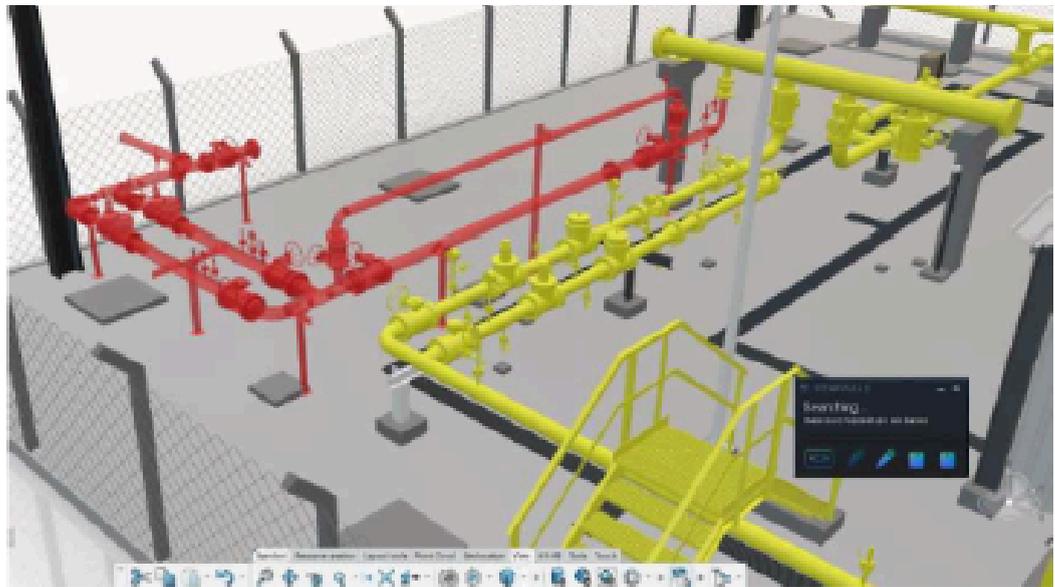
Fonte: Os Autores (2024)

É possível comparar os dois ambientes, com e sem as novas tubulações, usando VR. Isso ajuda a visualizar interferências, atualizar a rota de fuga e identificar possíveis falhas no projeto.

Uma observação importante a ser esclarecida é que a altura dos equipamentos escaneados, bem como a planta isométrica e as novas tubulações, são comparáveis à altura dos equipamentos em operação. Isso facilita a avaliação da posição ergonômica ideal dos operadores para realizar manobras operacionais no local.

Também foi criado o ambiente que possibilita a criação de avatares. Um ambiente para treinamentos onde esses avatares podem ser criados em forma de jogos ou simulações de várias áreas que envolvem a operação desta ETC, como automação, medição de gás e operação de dutos. O objetivo é criar vários ambientes de treinamento para maximizar as interfaces entre as disciplinas que integram o city gate e dar a maior quantidade de colaboradores a oportunidade de interagir virtualmente. O ambiente de treinamento é ilustrado na Figura 7, onde a tubulação vermelha indica o trecho que será instalado no futuro (expansão da ETC). A Figura 8 também mostra uma representação do ambiente.

Figura 7 - Ambiente de Treinamento Visão Interna da Unidade



Fonte: Os Autores (2024)

Figura 8 - Ambiente de Treinamento Visão Externa da Unidade



Fonte: Os Autores (2024)

A possibilidade de treinamento de equipes através do ambiente virtual proporciona redução de custos e riscos, sendo uma ferramenta importante para os processos de avanço tecnológico, bem como de aderência aos requisitos de sustentabilidade e evolução da companhia.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uso e aceitação das visitas imersivas a plantas industriais

O perfil dos participantes foram revelados através de questões do próprio questionário elaborado com intuito de levantar o uso e aceitação da tecnologia. 46% dos entrevistados possuíam entre 26 e 35 anos; 32% possuíam entre 18 a 25 anos; 14% possuíam entre 36 a 42 anos; 7% possuíam entre 56 e 62 anos; e 1% entre 43 a 55 anos de idade. 60% dos entrevistados eram do sexo masculino e 40% do sexo feminino. No que tange a ocupação, 39% eram estudantes de nível superior; 25% eram empregados do setor privado; 18% eram empresários/autônomos; 8% eram servidores públicos e o mesmo percentual foi encontrado para estudantes de nível médio ou técnico; 2% eram pesquisadores de nível superior. Quando questionados sobre já terem utilizado alguma vez óculos de realidade virtual, 54% responderam já ter utilizado óculos de realidade virtual, enquanto, que 46% responderam ainda não ter tido tal experiência.

A análise das respostas dos usuários ao questionário UTAUT2 (VENKATESH et al., 2003) revela vários insights importantes. Apesar do tamanho limitado da amostra, foi determinado a média e o erro padrão da média, o que pode ser útil para estudos futuros. A questão 0 (zero) do constructo Expectativa de Esforço apresentou a maior média, enquanto a questão 0 (zero) das Condições Facilitadoras a menor. A maioria das reações foi positiva. Os resultados demonstram percepções geralmente positivas em todas as categorias, com variações mínimas na dispersão das respostas. As questões que compõem os constructos Expectativa de Esforço e Motivações Hedonistas apresentam valores médios particularmente elevados, enquanto as Condições Facilitadoras e Valor Preço apresentam valores médios ligeiramente inferiores.

A Figura 9 apresenta as correlações rho de Spearman para todos os construtos, acompanhadas dos respectivos valores de p entre parênteses. A correlação de Spearman mede a associação monotônica entre duas variáveis, indicando se existe uma relação estritamente crescente ou decrescente entre elas.

Figura 9 - Correlações das Variáveis

	CF	ED	EE	IC	MH	
ED	0.807 0.000	(SPERMAN Rho) (P-Value <0.05 significativo)				
EE	0.716 0.000	0.542 0.006	(SPERMAN Rho) (P-Value <0.05 significativo)			
IC	0.675 0.000	0.829 0.000	0.494 0.014	(SPERMAN Rho) (P-Value <0.05 significativo)		
MH	0.746 0.000	0.738 0.000	0.761 0.000	0.655 0.001	(SPERMAN Rho) (P-Value <0.05 significativo)	
VP	0.629 0.001	0.570 0.004	0.516 0.010	0.405 0.049	0.380 0.067	(SPERMAN Rho) (P-Value <0.05 significativo)

CF Condições facilitadoras
ED Expectativa de desempenho
EE Expectativa de esforço
IC Intenção comportamental
MH Motivação hedonista
VP Valor do preço

Fonte: Os Autores (2024)

A Expectativa de Desempenho (ED) é definida como a medida em que a utilização de uma tecnologia produz benefícios em atividades específicas (VENKATESH et al., 2003). A ED apresentou correlações positivas com a Expectativa de Esforço (EE) ($\rho = 0,542$, valor $p = 0,006$) e a Intenção Comportamental (IC) ($\rho = 0,829$, valor $p = 0,000$). Estas descobertas sugerem que, à medida que os indivíduos antecipam um melhor desempenho, tendem a perceber menos esforço necessário e a exibir uma intenção comportamental mais elevada. A correlação com IC ($\rho = 0,8$) ressalta a relevância da expectativa de desempenho na previsão do comportamento individual.

A Expectativa de Esforço (EE) é definida como o grau de facilidade associado ao uso de um sistema (VENKATESH et al., 2003). A EE demonstrou correlação com Motivação Hedonista (MH) ($\rho = 0,761$, valor $p = 0,0$) e Condições Facilitadoras (CF) ($\rho = 0,716$, valor $p = 0,0$). Isto implica que quando os indivíduos percebem menos esforço necessário, há uma percepção positiva relacionada ao prazer derivado do uso de uma tecnologia e da percepção de condições facilitadoras. EE também apresentou correlações positiva com Valor Preço (VP) ($\rho = 0,516$, valor $p = 0,010$) e Intenção Comportamental (IC) ($\rho = 0,494$, valor $p = 0,014$). A correlação com IC ($\rho = 0,494$) sugere que a facilidade de uso percebida é um forte preditor da intenção de adoção de uma tecnologia.

Condições Facilitadoras (CF) referem-se às percepções dos consumidores sobre os recursos e suporte disponíveis para realizar um comportamento (VENKATESH et al., 2003). A CF apresentou correlações significativas com todas as variáveis, principalmente com a Expectativa de Desempenho (RD) ($\rho = 0,807$, valor $p = 0$). Esta correlação sugere uma relação direta, onde melhores condições facilitadoras aparentemente aumentam a intenção comportamental em expectativas de produzir benefícios em atividades específicas.

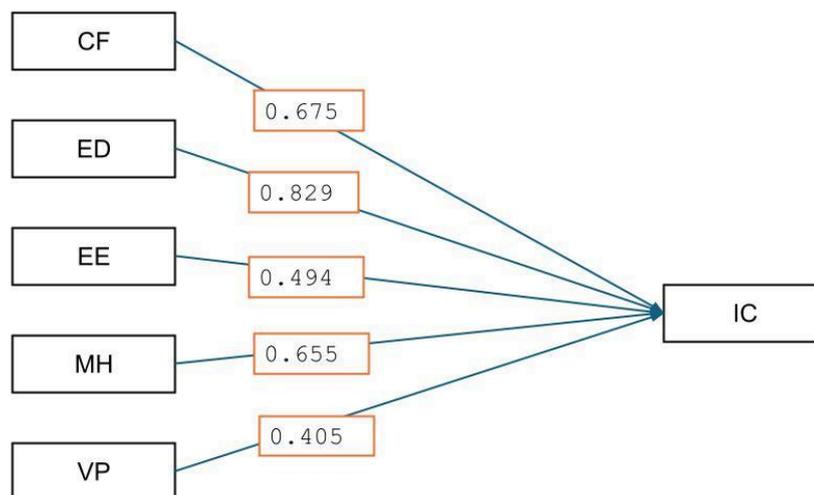
A Motivação Hedônica (MH) refere-se à diversão ou prazer derivado do uso de uma tecnologia (VENKATESH et al., 2003). A MH apresentou correlações positivas com

Condições Facilitadoras (CF) ($\rho = 0,746$, valor $p = 0$) e Expectativa de Esforço (EE) ($\rho = 0,761$, valor $p = 0,000$). A baixa correlação com Valor Preço ($\rho = 0,380$) indica que a motivação hedônica pode ser influenciada pela percepção de valor preço para aceitação e uso da tecnologia.

Valor do preço (VP) representa o custo monetário que um consumidor deve arcar para adquirir um dispositivo e pode impactar significativamente o uso da tecnologia pelos consumidores (VENKATESH et al., 2003). O VP exibiu uma correlação positiva significativa com as Condições Facilitadoras (FC) ($\rho = 0,629$, valor $p = 0,001$). Isso indica que o Valor do Preço é um preditor da intenção comportamental de usar uma tecnologia (VENKATESH et al., 2003).

A Intenção Comportamental (IC) de usar uma tecnologia é influenciada pela Expectativa de Desempenho, Expectativa de Esforço, Influência Social e Condições Facilitadoras (VENKATESH et al., 2003). A IC apresentou correlações positivas com todas as variáveis. As altas correlações com ED ($\rho = 0,829$, p-valor = 0,000), MH ($\rho = 0,655$, p-valor = 0,001) e CF ($\rho = 0,675$, p-valor = 0,000) destacam esses fatores como principais preditores de intenção comportamental. Conforme pode ser observado na Figura 10.

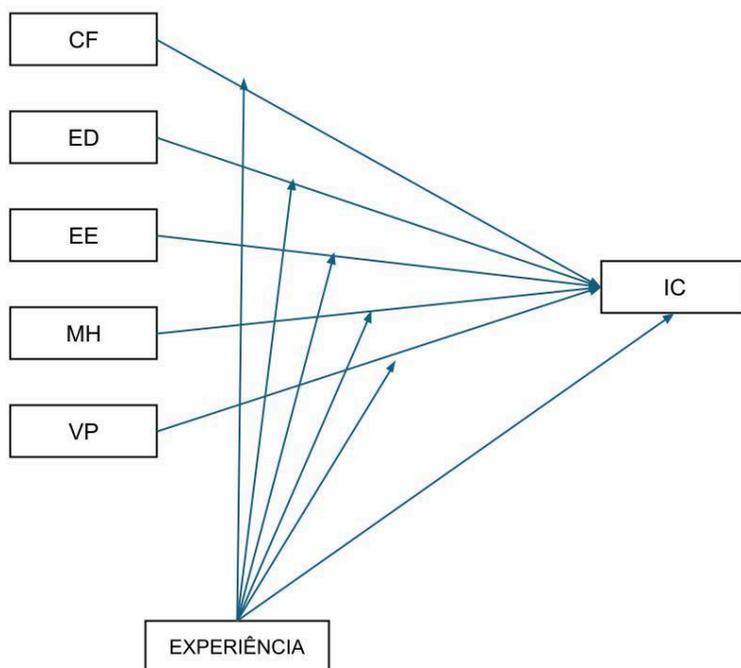
Figura 10 - Correlações das Variáveis sobre IC



Fonte: Os Autores (2024)

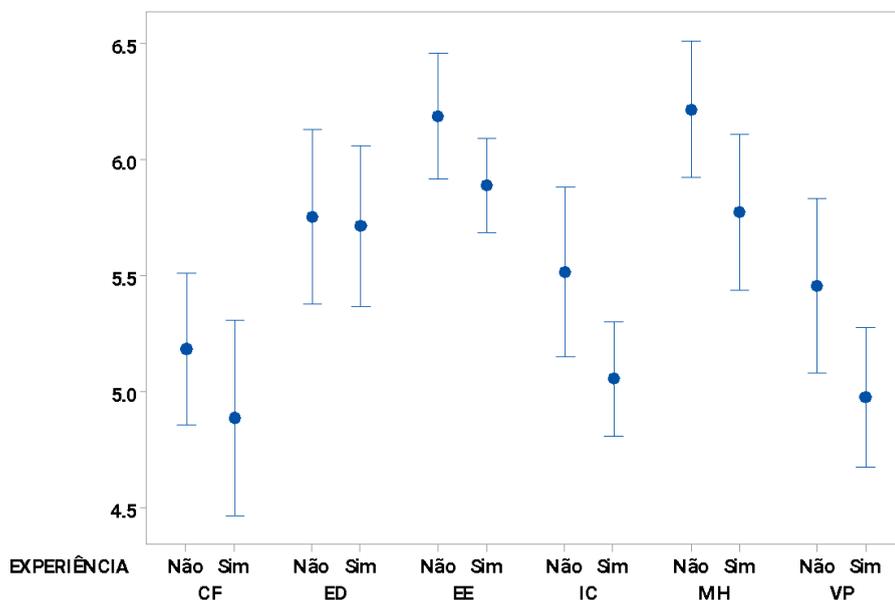
Os resultados desta avaliação mostraram que todos os recursos da visita imersiva geralmente atendem às necessidades de enriquecer e tornar a experiência de exploração e aprendizagem mais produtiva. Quando são avaliados os aspectos de Gênero, Idade e Experiência observa-se baixo impacto sobre os resultados, conforme pode ser observado nas figuras de 11 a 16 a seguir.

Figura 11 - Correlação da Variável Experiência



Fonte: Os Autores (2024)

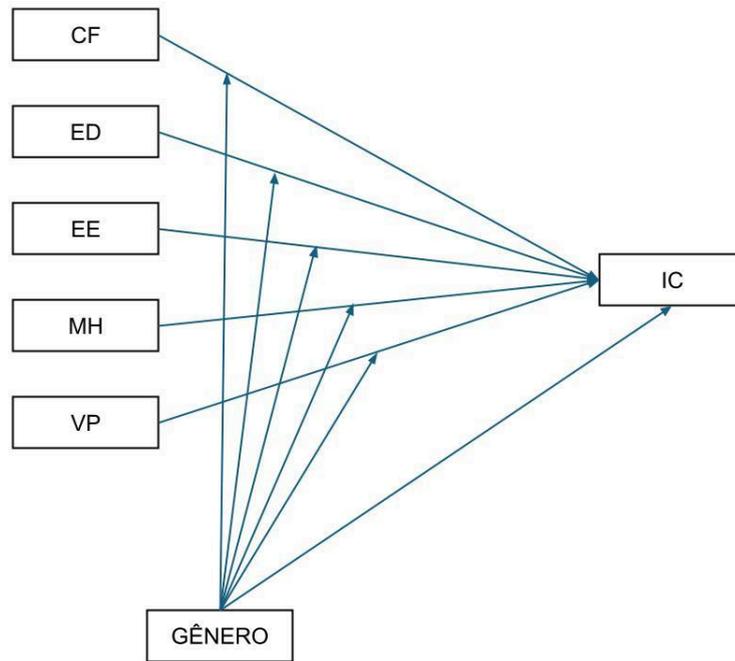
Figura 12 - Correlação da Variável Experiência



Fonte: Os Autores (2024)

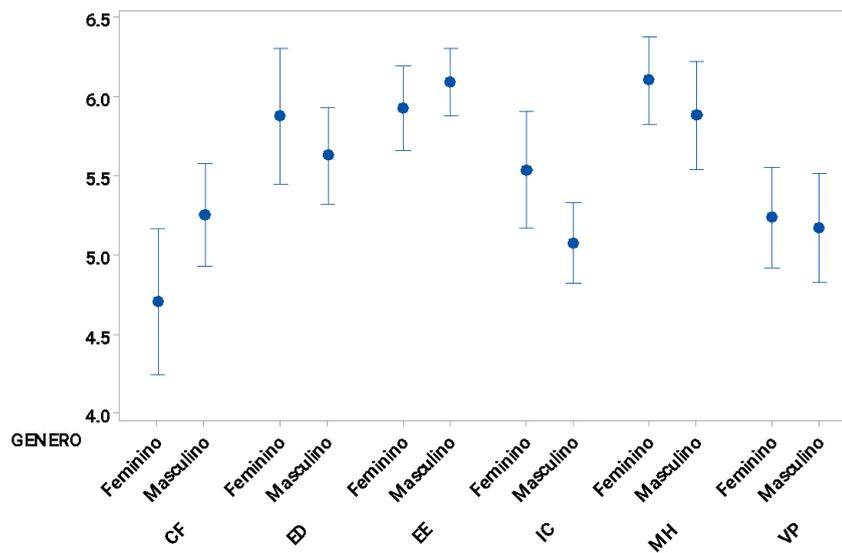
A análise não sugere impacto da experiência nos resultados como pode ser observado na figura 12 os pontos médios e faixas de erro estão correlatos para cada constructo de questões. O mesmo ocorre para a variável gênero conforme pode ser observado nas figuras 13 e 14.

Figura 13 - Correlação da Variável Gênero



Fonte: Os Autores (2024)

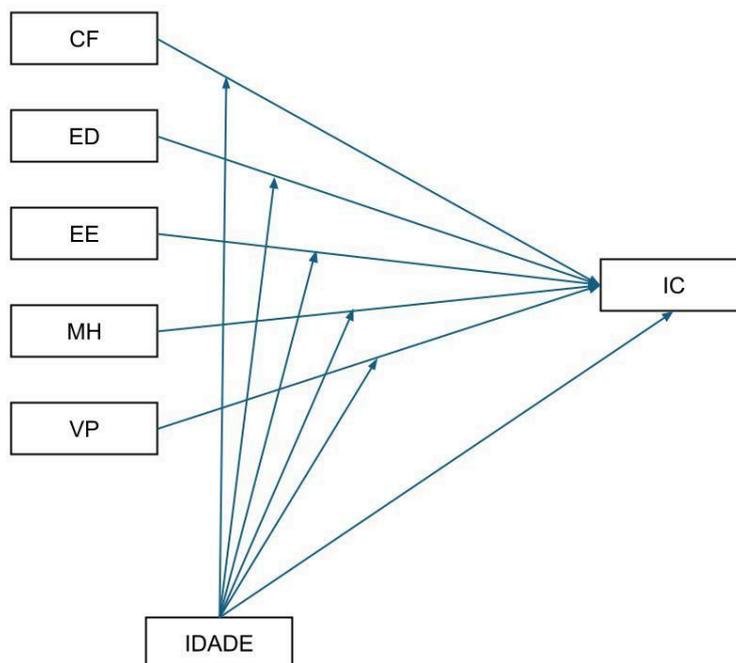
Figura 14 - Correlação da Variável Gênero



Fonte: Os Autores (2024)

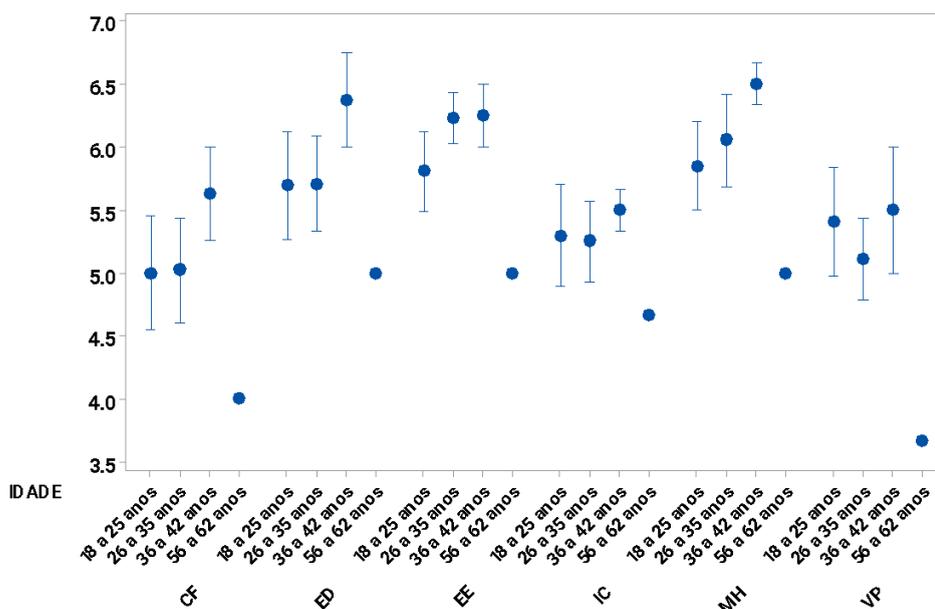
Já para a variável idade apenas em uma faixa etária (56 - 62) a análise sugere impacto, contudo, como se tratou de apenas um dado da amostra tal impacto pode não ser tão relevante diante do todo, sendo uma oportunidade para novas análises mais aprofundadas nesta faixa etária. As figuras 15 e 16 apresentam a análise.

Figura 15 - Correlação da Variável Idade



Fonte: Os Autores (2024)

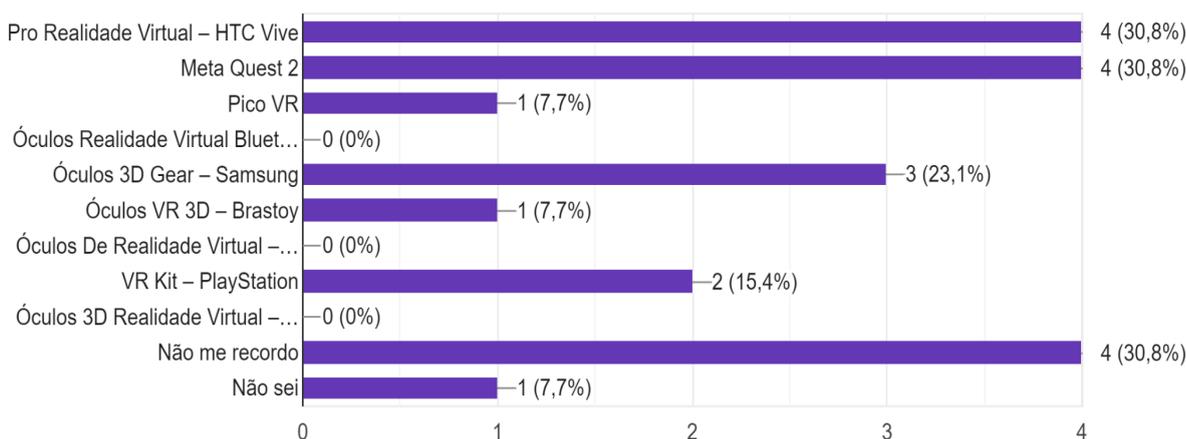
Figura 16 - Correlação da Variável Idade



Fonte: Os Autores (2024)

Quanto as demais análises outros pontos foram abordados no questionário sendo apresentados através da análise de gráficos. Os entrevistados foram questionados sobre quais tipos de óculos já haviam utilizado os mesmos responderam da seguinte forma:

Gráfico 1 - Utilização de óculos de RV

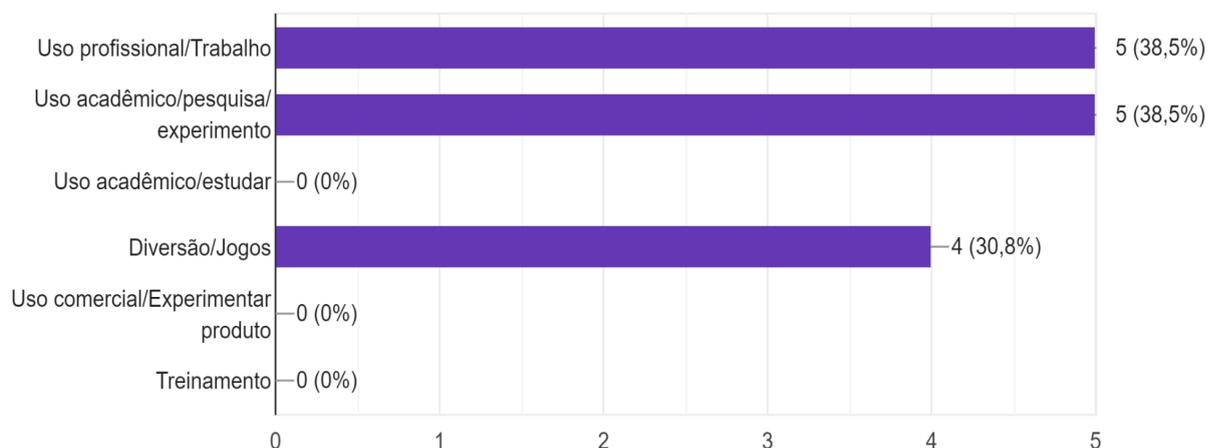


Fonte: Os Autores (2024)

Como pode ser observado no gráfico 1 os óculos mais utilizados pelos respondentes são o HTC Vive pro e o Quest 2, confirmando assim a relevância dos dois equipamentos neste estudo dada a sua popularidade.

Quanto a razão pela qual foi motivada a última utilização dos óculos de RV os entrevistados responderam da seguinte forma:

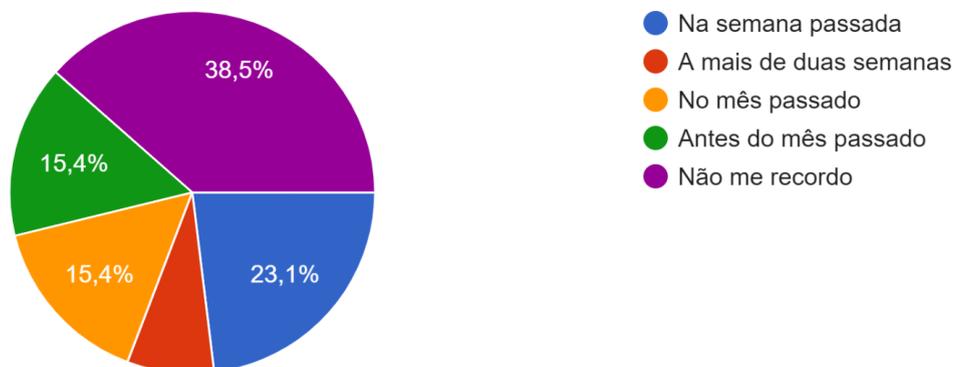
Gráfico 2 - Motivo da Última Utilização



Fonte:Os Autores (2024)

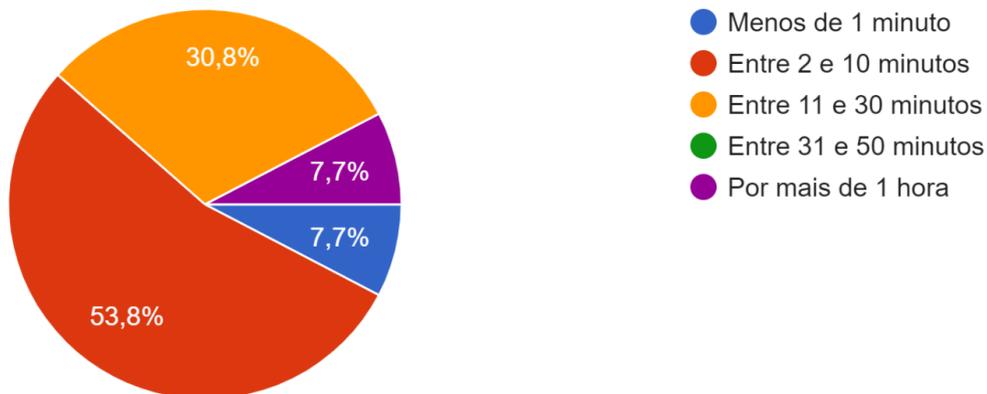
O gráfico 2 revela que os maiores motivos para a utilização dos óculos de RV foram para fins acadêmicos/pesquisa/experimentos e fins profissionais. Outra razão para utilização seria para o uso em jogos/diversão. Como durante o evento onde o experimento foi realizado também contava com estandes onde era possível a experimentação de outras tecnologias imersivas com apoio dos óculos de RV, a equipe deste projeto entendeu que boa parte dos respondentes havia passado por algum destes estandes anteriormente, este dado pode ser avaliado nos gráficos 3 e 4 conforme a seguir.

Gráfico 3 - Última Utilização



Fonte:Os Autores (2024)

Gráfico 4 - Tempo de Utilização



Fonte: Os Autores (2024)

Apesar da maioria dos respondentes não recordarem a quanto tempo haviam utilizado os óculos de RV cerca de 23% disseram ter utilizado pelo menos na semana anterior. Já no período de utilização ficou claro que mais de 80% utilizou o óculos por pelo menos mais de 2 minutos. Mas, o percentual de pessoas que utilizaram por menos de 1 minuto e mais de uma hora foram iguais. O pouco tempo de utilização se dá pelo sentimento de náuseas que é muito comum nas primeiras utilizações ou para pessoas com algum tipo de necessidade de lentes corretivas para a visão (CHEN; WANG; XU, 2021), (DIAS JUNIOR et al., 2023). Já o tempo superior a 60 minutos de utilização dos óculos traduz o ponto levantado pelo gráfico 2 onde a utilização para fins acadêmicos de pesquisa ou ainda a utilização para fins profissionais requerem um tempo maior de exposição à tecnologia.

Quanto a aceitação os públicos foram divididos entre os que utilizaram o óculos HTC Vive pro e o Quest 2 por se tratarem de experiências diferentes. As questões foram elaboradas em Escala Likert (ANTONIALLI; ANTONIALLI; ANTONIALLI, 2016) onde para cada afirmativa seria informado um grau de concordância conforme descrito na figura 17.

Figura 17 - Escala Likert

1	2	3	4	5	6	7
Discordo Totalmente	Discordo em grande parte	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo em grande parte	Concordo Totalmente

Fonte: Adaptado de (ANTONIALLI; ANTONIALLI; ANTONIALLI, 2016)

Quando questionados sobre a utilidade da tecnologia sendo a afirmação: “Eu acho que a visita imersiva seria útil no meu dia-a-dia” os que utilizaram o HTC Vive 62,5% pelo menos concordava com esta afirmação e 33,3% concordava totalmente, o que sugere uma aceitação para a utilização da tecnologia no dia-a-dia do respondente.

Já os que utilizaram o óculos Quest 2, 100% ao menos concordaram com a afirmação sendo que 50% concordou em grande parte e os demais 50% concordaram totalmente, reforçando ainda mais o entendimento sobre a utilidade da tecnologia para o uso nas atividades cotidianas.

No que se refere ao uso da tecnologia no cotidiano os respondentes foram submetidos a seguinte afirmação: “Usar a visita imersiva me ajudaria a realizar as coisas mais rapidamente”, 66% dos que utilizaram o HTC Vive pro concordaram totalmente e 50% dos que utilizaram o Quest 2 concordaram totalmente.

Nesta análise pode-se observar que existe uma maior distribuição do nível de concordância entre os entrevistados, isso demonstra o nível de diversidade de atividades entre os respondentes, pois, nem todos atuam diretamente em áreas onde a tecnologia apresentada seria uma ferramenta preponderante.

Quanto a produtividade os respondentes opinaram sobre a seguinte afirmativa: “O uso da visita imersiva aumentaria a minha produtividade”. 45% dos que usaram o HTC Vive pro, concordaram totalmente e 50% dos que utilizaram o Quest 2 ao menos concordaram, sendo que 25% concordaram em grande parte e 25% concordaram totalmente.

Quanto ao aprendizado em utilizar a tecnologia e a interação com esta, os entrevistados foram submetidos as seguintes afirmações: “Aprender a usar a visita imersiva é fácil para mim”; e “Minha interação com a visita imersiva foi clara e compreensível “. Mais de 80% dos que utilizaram o HTC Vive Pro concordaram que aprender a utilizar a ferramenta era fácil e dos que utilizaram o Quest 2 este número foi de 75%.

Sobre a interação dos entrevistados com a tecnologia. Em ambos grupos mais de 70% dos entrevistados concordaram totalmente com a afirmação de que a interação com a tecnologia foi clara e compreensível.

No que tange as questões de facilidade em utilizar a tecnologia pode-se observar um maior agrupamento entre aqueles que utilizaram o HTC Vive Pro, no sentido de concordarem com a afirmação “Eu acho a visita imersiva fácil de usar” dos que aqueles que utilizaram o Quest 2. Apesar de ambos demonstrarem uma tendência para a concordância, no caso do Quest 2, 25% discordou em grande parte da afirmação demonstrando que existem desafios a serem superados para a adoção de RV como ferramenta para visitas imersivas.

Já quando avaliado o desenvolvimento de habilidades com a tecnologia o cenário se mostra mais favorável à utilização da mesma. Mais de 80% dos que utilizaram o HTC Vive Pro concordaram com a afirmação: “É fácil para mim ficar habilidoso(a) no uso da visita imersiva”, já os que utilizaram o Quest 2, 50% concordaram em grande parte e 25% concordaram totalmente.

No início do questionário os respondentes foram levadas a pensarem como gestores de uma área da indústria e informados quanto aos custos para a implementação da tecnologia. Quando a afirmação proposta foi: “Eu tenho os recursos financeiros necessários para usar a visita imersiva” houve maior dispersão das respostas para os que utilizaram o HTC Vive Pro do que para os que utilizaram o Quest 2. Um ponto a ser analisado é o custo para implementação e aquisição do equipamento haja vista que o custo de aquisição do Quest 2 é menor do que o HTC Vive Pro e para o segundo há no gráfico uma tendência maior para a discordância da afirmação.

Outro ponto levantado no questionário foi com relação ao conhecimento necessário para a utilização da tecnologia. A maioria dos respondentes concordou com a afirmação de que possuía conhecimento necessário para a utilização de visitas imersivas. Isso demonstra a popularização desta tecnologia o que corrobora ainda mais com a importância deste trabalho. Ao todo 39% dos respondentes afirmou concordar totalmente que possui o conhecimento necessário para utilizar a tecnologia.

Quando a afirmação se deu sobre a utilização de outras tecnologias a maioria dos respondentes concordaram que a utilização da visita imersiva era compatível com outras tecnologias que os mesmos já utilizavam.

A utilização da tecnologia de visitas imersivas é compatível com demais tecnologias já existentes e utilizadas pela indústria. O uso da RV na indústria de óleo e gás por exemplo vai desde o treinamento e qualificação de novas equipes de trabalho até o apoio para decisões estratégicas das organizações (DIAS JUNIOR; FERREIRA; WINKLER, 2023).

Quando avaliados os níveis de satisfação com o uso da tecnologia observa-se uma tendência a corroborar com as afirmações propostas. A maioria dos respondentes teve uma experiência prazerosa, agradável e até mesmo divertida com o uso da tecnologia. O caráter divertido neste ponto leva ao entendimento que no caso do uso da visita imersiva como ferramenta de treinamentos a gamificação seria uma possibilidade para um aproveitamento satisfatório tanto para o usuário quanto para a equipe de treinadores. Quando a afirmação esteve relacionada ao uso futuro da tecnologia a maioria dos respondentes se mostrou predisposta a fazê-la.

Quanto ao custo benefício os entrevistados foram submetidos a seguinte afirmação: “A visita imersiva tem um bom custo benefício” onde a maioria ao menos concordou com tal afirmação.

Dos que utilizaram o óculos HTC Vive Pro, 25% concordaram totalmente com a afirmação sobre um bom custo benefício, o mesmo número concordou em grande parte e 20,8% concordou com a afirmação. Já os que utilizaram o Quest 2, 25% concordou totalmente, 50% concordou em grande parte e os demais 25% concordaram. Tal análise permite inferir que os custos atrelados a tecnologia são percebidos como bons investimentos para utilização e emprego no dia a dia da indústria.

Grupo Focal Exploratório de Especialistas

Após a fase de experimentos em campo a equipe de trabalho reuniu os membros participantes do projeto piloto e dirigiu algumas questões para serem debatidas por estes membros. O debate se deu por meio de um grupo focal formado por 4 integrantes sendo 3 integrantes da empresa Bahiagas e 1 integrante da empresa VirtualPlant todos membros deste projeto.

Com o intuito de levantar as necessidades para a aplicação da tecnologia de visitas imersivas em outros cenários o grupo focal foi questionado quanto as etapas que foram seguidas para a adoção da tecnologia na Bahiagás. As etapas consistiram em digitalização do campo que foi realizado por meio de escaneamento a laser, após a etapa de escaneamento foi realizada o tratamento das informações com o pós

processamento de dados, durante a fase de pós processamento de dados algumas informações já foram adicionadas ao ambiente virtual como tags de informações dos equipamentos e instrumentos presentes na estrutura física da Estação de Transferência de Custódia (ETC). Após a etapa de pós processamento foi criado uma modelagem BIM (Building Information Modelling) da estação em ambiente web e por conseguinte no ambiente virtual. Este ambiente em 3D foi utilizado para a validação dos dados processados.

“O início foi com a digitalização do campo. Até chegar a realidade virtual. A base ali seria essa digitalização do campo e para a digitalização do campo, nós utilizamos a tecnologia de escaneamento a laser. Daí vale lembrar que a parte de escaneamento a laser trouxe diversos benefícios, como por exemplo, para utilizar para apoiar a área de projetos, além de ser essa matéria-prima para para a realidade virtual.” EXPERT 2

“E depois da parte de escaneamento a laser, aí é parte de campo também do escritório de pós processamento dos dados. Nós agregamos a é valor no escaneamento a laser, colocando já alguns tag sem identificação de alguns ativos na plataforma web. Após essa etapa de escaneamento a laser, nós também fizemos a modelagem de um projeto de um trecho de um projeto 3D e incorporamos essa modelagem também aí na realidade virtual. possibilitando aí você fazer validação antes da construção, em forma imersiva.” EXPERT 2

“Iria fazer o complemento da fala, citando o trabalho da fotogrametria utilizando o drone. Isso completou o trabalho que foi feito no mesmo ambiente. Você consegue fazer um sobrevôo na região virtualmente navegando e verificando internamente a estação.” EXPERT 1

Para um dos participantes do grupo focal a etapa de modelagem tridimensional é importante como etapa do processo, pois permite a participação de outras áreas como manutenção e engenharia. Para ele a tridimensionalização permite “teletransportar” o operador para uma visão mais aprofundada do objeto o que trás uma riqueza enorme pois permite a visualização de interferências em questões de operação, ergonomia e manutenção. A etapa de escaneamento a laser permitiu a criação da nuvem de pontos que foi imputada a plataforma e juntamente com a fotogrametria das imagens aéreas via drone e a tridimensionalização construíram o ambiente virtual. Essa interoperabilidade entre tecnologias foi um dos destaques apontados pelos membros da equipe e um diferencial marcante neste projeto.

“Nós também modelamos a unidade, então a modelagem, junto com o escaneamento a laser, traz todo o dimensional. Essa digitalização com foco no dimensional e depois a modelagem da unidade, para daí trazer as informações, como os tags de linha, tags de equipamentos, tags de válvulas e instrumentos. Para depois conseguir jogar para a Realidade Virtual gera o modelo da nuvem de pontos. Que seria um dos pontos mais importantes, sendo a questão de todo esse processo que nós estávamos fazendo. O que nós fizemos, aí ela tem uma confiabilidade dimensional.” EXPERT 2

Outra questão levantada junto ao Grupo Focal foi relacionada aos principais desafios para o uso da RV na indústria em geral e para a implementação na Bahiagás. Os participantes responderam que a mudança na cultura organizacional é um desafio

que se levanta para a adoção de novas tecnologias, pois, o processo de mudança gera naturalmente resistência entre o método anterior e o novo método. Outro ponto levantado como barreira foram os custos para aquisição e implantação da tecnologia pois nem toda organização tem capital para investimento como o modelo aplicado na Bahiagás. Neste ponto, houve um apontamento quanto ao custo benefício da implantação da tecnologia, um dos integrantes do grupo focal enfatizou que o custo pode ser elevado para algumas organizações, mas, ao final poderia valer a pena.

“Estamos perante o desafio de implantar uma nova cultura na empresa. O maior desafio é fazer a gente utilizar essa ferramenta nova da empresa, que não é mais uma visita pessoal mas agora virtual.” EXPERT 3

Quanto a cultura organizacional foi levantado o contraponto de que algumas organizações como a Bahiagás tem um olhar digital mais acurado, ou seja, a organização tem uma cultura tecnológica mais desenvolvida admitindo algumas mudanças com intuito de melhorias. Outro apontamento é que a cultura de mudança pode ser melhor absorvida conforme a necessidade da organização para o novo aparato tecnológico, sendo a necessidade a força motriz para a aceitação à mudança. Outro fator para a aceitação da mudança da cultura organizacional foi a divulgação interna e disseminação e difusão do conhecimento sobre a nova tecnologia como pilares fundamentais para estruturação da mudança.

Outra barreira apontada foi o espaço físico para a implantação da tecnologia, no caso da empresa onde foi aplicado o projeto piloto a implantação da tecnologia requereu uma área física, neste caso específica pois a estação de trabalho utilizada para a imersão necessitava estar em um local designado com extensão de rede bem como para a montagem dos periféricos do HMD que neste caso foi o HTC Vive Pro. A criação de um espaço físico adequado também foi apontado como mecanismo de fortalecimento para a cultura de mudança, pois, o próprio espaço já seria uma comunicação visual para os colaboradores da organização.

Quando questionados sobre como cada um contribuiu para a mitigação dos desafios e barreiras levantadas durante o processo de implementação da tecnologia, cada integrante pontuou desde a concepção do projeto até sua implementação passando por processos administrativos de compras, haja vista que a empresa se trata de uma empresa pública e por força de lei segue padrões regimentais para aquisição de produtos e serviços. Com relação as barreiras apontadas no questionamento anterior os integrantes da equipe de trabalho se concentraram inicialmente no processo de aquisição, a compra teve que ser fragmentada, primeiro adquirindo hardware e posteriormente softwares e aquisições de serviços relacionados a implementação da tecnologia. Após a etapa de compras houve a necessidade de treinamento de membros da equipe e posteriormente a multiplicação do conhecimento internamente. Nesta etapa a divulgação interna e participação da empresa em eventos foi fundamental para o ambiente favorável a aceitação da tecnologia. Algumas ações ainda estão sendo empreendidas para o processo de aculturação para o uso da tecnologia.

Por fim, a empresa firmou parcerias com a empresa desenvolvedora do processo de escaneamento, bem como com pesquisadores na área de Realidade Virtual a fim de se criar um ambiente permanente de inovação e o incremento de outras tecnologias paralelas e correlatas a Realidade Virtual.

O grupo focal foi questionado quanto aos próximos passos da utilização da RV na Bahiagás. As parcerias com a empresa desenvolvedora do processo de escaneamento a laser e criação da nuvem de pontos, bem como com o grupo de pesquisadores foi novamente apontado como estratégia para os próximos passos do uso da tecnologia na organização. Também foi abordado o uso da tecnologia para a área de engenharia e treinamentos, bem como novas ações para a implantação da cultura organizacional em torno dos avanços tecnológicos promovidos pela adoção da RV no ambiente industrial. Outro ponto abordado é a expansão para outras Estações de Transferência de Custódia tornando a RV uma ferramenta de uso comum entre as unidades espalhadas pelo território baiano. Um ambiente de treinamento foi desenvolvido dentro da estrutura de RV onde uma estrutura gamificada será adicionada para que a área de treinamentos possa desenvolver e qualificar equipes de trabalho para a unidade.

Recomendações de Projeto para Visitas Imersivas Industriais

A combinação dos resultados da revisão de literatura, dos questionários de uso e aceitação da tecnologia e as discussões dos especialistas no grupo focal exploratório foram compiladas em recomendações de projeto para visitas imersivas industriais. A Tabela 1 oferece as recomendações de projeto.

Tabela 1. Recomendações de projeto para visitas imersivas industriais

Etapa	Na etapa...	...tais soluções poderão ser implementadas.
Mapeamento	A etapa de mapeamento consiste em delimitar a área que será exportada para o ambiente virtual. Nesta etapa naturalmente equipes de engenharia e trabalho de campo atuam em conjunto a fim de obterem o melhor resultado em projetos tridimensionais e desenhos técnicos.	Algumas estruturas industriais têm suas plantas de construção já em projetos 3D isso facilita o trabalho de mapeamento que pode ser feito em softwares como o SolidWorks (RITTER; CHAMBERS, 2019), Autodesk Revit e Trimble SketchUp (LUO et al., 2022).
Escaneamento	A etapa de escaneamento consiste em utilizar tecnologias que permitam reproduzir objetos físicos no ambiente virtual.	As tecnologias vão desde escaneamento a laser até a utilização de imagens capturadas por dispositivos de registro de imagens em vários ângulos. O escaneamento poderá criar desde um ambiente com espelhamento de imagens (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019), (CAVALLARO et al., 2021), (LUO et al., 2022), (GROSSER et al., 2023), (MANDER; VISHNU; LOVREGGIO, 2022) até a nuvem de pontos, como no projeto piloto desta pesquisa, que é um conjunto de pontos expresso num mesmo sistema de coordenadas.
Renderizaçã	A renderização é o processo de modelagem digital podendo ser bidimensional (LUO et al., 2022) ou tridimensional (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019), (CAVALLARO et al., 2021), (LUO et al., 2022), (GROSSER et al., 2023)	No caso específico para esta pesquisa as modelagens acatadas foram as tridimensionais, pois, elas são a base para a criação do ambiente virtual. Esta etapa é subsequente ao mapeamento, podendo ser precedida pelo escaneamento a depender do projeto. No caso do projeto piloto desta pesquisa para visitas imersivas a renderização tratou de converter a nuvem de pontos em um ambiente virtualizado onde foi possível o passeio imersivo.

Validação dos Dados	Após as etapas de digitalização (mapeamento, escaneamento e renderização) se faz necessário a validação dos dados onde a equipe do projeto validará se as informações contidas no ambiente virtual condizem com as presentes no ambiente real.	Nesta etapa erros como lacunas gráficas, distorções de imagens e objetos estranhos ao foco do projeto podem ser removidos, reorganizados ou relevados a depender do seu impacto no trabalho.
Espelhamento/Digitalização da Realidade	O espelhamento/digitalização da realidade, consiste na etapa subsequente a validação dos dados. Neste ponto a realidade virtual pode ser adotada como realidade mista (virtual e aumentada), pois, é o processo de incursão de informações no ambiente virtual.	Dados de equipamentos, informações do ambiente real como placas de identificação, sinalização dentre outros são inseridos ou melhor digitalizados. O espelhamento da realidade é crucial para uma experiência imersiva, pois, ao observar a realidade física de forma clara no ambiente virtual permite ao visitante uma compreensão mais aprofundada da realidade do ambiente ao qual está visitando.
Escolha do Software de RV	Uma outra etapa importante para a implementação de visitas imersivas com o uso de Realidade Virtual é a seleção do software onde o ambiente virtual será acessado.	Essa escolha é importante pois apesar de não existirem equipamentos e programas exclusivamente para esta finalidade, os equipamentos e programas necessitam pelo menos não ter barreiras de acessibilidade entre si. A escolha do software perpassa pelo conhecimento de qual programa foi utilizado na etapa de renderização, pois o tipo, tamanho e formato do arquivo do ambiente digital precisa ser legível ao software por onde haverá o acesso do ambiente virtual.
Transferência de Dados	A etapa de transferência de dados consiste em transferir os dados oriundos da modelagem para o software de acesso ao ambiente virtual.	Os dados podem ser armazenados em nuvem (RADIANTI et al., 2020), (ROHIZAN; VISTRO; PUASA, 2019), (GROSSER et al., 2023) ou ainda em uma estação de trabalho como no projeto piloto desta pesquisa. Contudo, uma parte dos dados necessitam estar ligados a internet, pois, os softwares e equipamentos utilizado para a visita imersiva trafegam entre os dados da rede e as informações armazenadas.
Escolha do Head-Mounted Display	Assim como a escolha do software é importante a escolha do HMD é crucial para o processo de visitas imersivas.	Existem diversos equipamentos que possibilitam o acesso a ambientes virtuais, contudo, ambientes virtuais mais complexos, como aqueles com uma gama maior de informações e objetos mais nítidos e com grande trabalho de escaneamento e renderização irão requerer equipamentos com maior imersibilidade para o visitante. No projeto piloto desta pesquisa a escolha do HMD se deu com base em pesquisa de mercado onde o HTC Vive Pro foi selecionado, mas, como neste exemplo tal escolha requereu um maior trabalho tanto do escaneamento quanto da renderização. A nuvem de pontos, por exemplo, foi melhor trabalhada dada a possibilidade de detalhamento das imagens com este tipo de HMD.
Adequação ou Adaptação ao HMD	A etapa de adaptação do HMD está ligeiramente ligada a etapa de validação dos dados e escolha do software de RV.	No caso do projeto piloto a escolha do HMD e a construção do projeto com base nesta escolha impossibilitou por exemplo a utilização de outros dispositivos. Desta feita a adequação do HMD é intrínseca ao software de RV e contribui diretamente para a validação dos dados, pois, é a partir da visualização do ambiente virtual com o HMD que os dados da realidade física são contrapostos à realidade virtual.
Infraestrutura para o Aparato Tecnológico	A escolha do software de RV bem como da transferência de dados e escolha do HMD irão gerar, ou não, a necessidade de espaço físico para visitação imersiva	No projeto piloto desta pesquisa por exemplo, uma área era necessária para a instalação da estação de trabalho e dos periféricos do HTC Vive Pro, estas necessitavam de aproximadamente 2 metros quadrados o que em algumas organizações são espaços de salas de trabalho. A infraestrutura de

		cabeamento de rede ou pontos de internet wi-fi, fornecimento de energia para ligar os equipamentos são exemplos da infraestrutura necessária para a implementação de visitas imersivas
Comunicação e Difusão do Conhecimento	Após a instalação da tecnologia se faz importante a sua divulgação e o treinamento dos funcionários e/ou colaboradores que atuarão como facilitadores para a utilização da visita imersiva	Algumas estratégias se fazem necessárias para que a tecnologia seja conhecida e utilizada dentro da organização. Um dos pontos importantes nessa etapa é que as áreas diretamente afetadas pelo uso da tecnologia sejam as impulsionadoras de sua adoção, do contrário, as barreiras naturais aos processos de mudanças podem gerar entraves dos demais setores promovendo choques e desgastes ao processo de implementação. Outro ponto importante nesta etapa é promover ações planejadas e organizadas junto aos demais setores envolvidos no processo, assim a implementação e por conseguinte utilização da tecnologia será mais célere e objetivo.

Fonte: Os Autores (2024)

As recomendações foram formuladas como sugestões generalizadas em relação ao comportamento em situações específicas e formatadas como declarações, seguindo os princípios da Design Science Research, conforme (OFFERMANN et al., 2010).

CONCLUSÃO

Diversas aplicações na indústria de petróleo e gás podem ser encontradas com o uso da digitalização industrial, que inclui tecnologias como escaneamento a laser, modelagem BIM e Realidade Virtual, juntamente com imagens capturadas por drones. A integração do uso da VR para criar novos processos de engenharia, operação, manutenção, inspeção e produção na indústria petrolífera já demonstrou que pode ajudar a economizar dinheiro a longo prazo, reduzir custos e aumentar a eficiência e segurança da força de trabalho.

A conclusão dos diagramas de processo e informação (PIDs) já construídos e a implementação de um programa de treinamento em realidade virtual para rotinas específicas de manutenção e operação da ETC constituem a segunda fase deste projeto piloto. Mas os resultados até agora mostram que a digitalização industrial é o caminho certo para aumentar a eficiência operacional e, principalmente, a segurança dos funcionários.

As vantagens da utilização da RV incluem a redução de custos com deslocamento e logística, a minimização de riscos de acidentes e a melhoria na capacitação dos profissionais. A possibilidade de simular situações de emergência e procedimentos operacionais complexos em um ambiente controlado e seguro permite um aprendizado mais efetivo e uma preparação mais robusta para os desafios do dia a dia na indústria. Além disso, a realidade virtual oferece uma ferramenta poderosa para a visualização de projetos em fases de planejamento e desenvolvimento, facilitando a comunicação entre equipes multidisciplinares e contribuindo para a tomada de decisões mais informadas e precisas.

Novos trabalhos devem abordar a utilização da Realidade Virtual como ferramenta para visitas imersivas em outros ambientes industriais. Outrossim, o uso da RV como ferramenta para visitas imersivas na indústria de óleo e gás devem abordar outros setores como exploração e distribuição por exemplo. Para a equipe deste trabalho existe uma enormidade de áreas em que a RV se apresenta para soluções de redução de custos e riscos operacionais contribuindo significativamente para a segurança, eficiência e eficácia operacional.

4. CONCLUSÃO

A literatura atual demonstra que não existe uma recomendação específica para a implementação de tours imersivos em instalações industriais. Vários estudos exploraram como a realidade virtual (RV) pode ser usada como ferramenta para tours imersivos, comparando seus resultados com abordagens tradicionais de treinamento e familiarização. Esses estudos mostram que a RV pode ser eficaz na transmissão de conhecimento, redução de custos operacionais e melhoria da segurança. No entanto, grande parte das pesquisas se concentra no uso da RV em

ambientes educacionais e comerciais, onde a experiência sensorial e inclusiva dos usuários é valorizada.

Uma limitação observada na aplicação da RV em *tours* industriais é a falta de contato direto com o instrutor, o que pode ser mitigado com o uso de inteligências artificiais. Ainda assim, a implementação dessa tecnologia requer um esforço significativo em planejamento e desenvolvimento de software. A adoção de novas tecnologias no campo dos *tours* industriais abre precedentes para mais pesquisas e projetos-piloto, destacando a necessidade de novos estudos e publicações na área. A maioria das fontes utilizadas para este trabalho foram encontradas em repositórios públicos, evidenciando o interesse da comunidade científica em tornar esses conhecimentos acessíveis.

Conclui-se que a adoção da Realidade Virtual como ferramenta para visitas imersivas pressupõem um avanço tecnológico amparado em tecnologias inovadoras. O projeto piloto apresentou barreiras e desafios que o uso desta tecnologia enfrentará para sua popularização, contudo conforme análise dos dados obtidos através da pesquisa de campo com aplicação dos questionários existem fortes indícios de que a utilização e aceitação da tecnologia terá fatores mais positivos do que negativos favorecendo sua inserção no âmbito industrial. Outro ponto relevante apontando com esta pesquisa é que fatores como gênero, idade e experiência com tecnologias não se levantam como barreiras ou entraves ao uso, contudo, as questões relacionadas a fatores culturais conforme apontado pelo grupo focal teve indícios na análise de correlação entre os constructos de perguntas elaboradas no questionário utilizado.

Apesar dos benefícios, a implementação da RV enfrenta desafios como a necessidade de investimentos em equipamentos e software, além da curva de aprendizado associada. É crucial que as empresas invistam tanto na tecnologia quanto na capacitação dos colaboradores para maximizar os benefícios. Em resumo, a RV oferece uma maneira inovadora e eficaz de realizar visitas imersivas no setor de óleo e gás, promovendo melhorias significativas em comunicação, segurança, eficiência e redução de custos operacionais. A pesquisa demonstrou que a RV é eficaz na transmissão de conhecimento, redução de custos operacionais e melhoria da segurança comparada a métodos tradicionais. A adoção de RV deve crescer à medida que a tecnologia se torna mais acessível, proporcionando ainda mais benefícios ao setor.

Para o setor de óleo e gás a adoção da tecnologia permite além do avanço tecnológico a influência para uma cultura de inovação. Sendo adotado por indústrias do setor de óleo e gás, a tecnologia abordada neste trabalho permitiria uma redução nos custos operacionais em vistas que tal abordagem permite a visualização da planta industrial sem a necessidade de deslocamento até o local. Também contribuiu para a segurança operacional por permitir a visita imersiva a área de risco operacional. Outro contributo da adoção desta tecnologia por empresas da indústria

de óleo e gás é o ganho da curva de aprendizado organizacional uma vez que os treinamentos podem ser mais efetivos conforme demonstrado no capítulo 1 desta pesquisa.

Para adotar a tecnologia descrita nesta pesquisa industrias de diversos setores devem além de seguir as diretrizes apresentadas no capítulo 2 deste trabalho, investir em uma cultura organizacional voltada para inovação. Os ganhos vão desde a redução de custos, como explicitado no capítulo 1 deste trabalho ao ganho em vantagens competitivas com a aplicação da Realidade Virtual como ferramenta de inovação e avanço tecnológico.

Sugestões de Novos Trabalhos

Novas pesquisas devem abordar o uso da tecnologia para visitas imersivas nas faixas etárias a fim de aprofundar o entendimento sobre quais fatores mais influenciam no uso e aceitação da tecnologia com relação a idade do usuário. Outros pontos a serem abordados em novos trabalhos devem estar relacionados aos fatores de preço e percepção de valor, com o intuito de levantar o quanto o fator preço interfere no uso e aceitação da tecnologia. Novos trabalhos também devem validar o uso da RV como fonte de eficiência e eficácia na indústria. Para o setor de óleo e gás, as pesquisas devem promover a popularização da RV como ferramenta para visitas imersivas, treinamentos, qualificação de pessoal, desenvolvimento de projetos, gerenciamento de riscos, planejamento estratégico de operações, simulação de ambientes e divulgação da atividade industrial. Isso resultará em redução de custos, aumento na segurança e melhor transmissão de conhecimento.

Novos trabalhos também devem se aprofundar na possibilidade de visitas imersivas serem evoluídas para um gêmeo digital como uma etapa seguinte ou ainda uma evolução da tecnologia. Outro ponto a ser observado em novos trabalhos é a validação da visita imersiva também ser utilizada como ambiente de treinamento.

Este trabalho foi fruto de um projeto piloto cabendo uma nova avaliação sobre a validade da utilização da tecnologia em relação a economicidade de escala. Um comparativo destacando os custos de visitas convencionais em relação a visitas imersivas ao longo do tempo deve ser avaliado como proposta de novos trabalhos na mesma organização. Por fim, se induz a elaboração de novas pesquisas sobre aplicabilidade da realidade virtual como ferramenta para visitas imersivas em outras unidades de transferência de custódia de gás.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Formulário UTAUT

25/07/2024, 16:16

Avaliação Visita Imersiva

Avaliação Visita Imersiva

Obrigado pelo interesse nesta pesquisa. Leia atentamente o termo de consentimento para resposta do Questionário. **Este questionário tem duração menor que 5(cinco) minutos!**

* Indica uma pergunta obrigatória

1. TERMO DE CONSENTIMENTO *

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos serão feitas usando-se as respostas deste formulário e que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Marcar apenas uma oval.

- ACEITO
 NÃO ACEITO

INTRODUÇÃO

Imagine que você é um gestor de uma indústria do setor de óleo e gás e sua área de inovação e tecnologia te apresenta uma ferramenta para otimizar o processo de inspeção, vistoria e visitas a uma unidade de processamento de gás natural. A ferramenta permite que as inspeções, vistorias e visitas sejam feitas de forma imersiva sem a necessidade de deslocamento de pessoal, reduzindo o custo com transporte e deslocamento e também por se tratar de uma área de risco operacional não expondo as pessoas ao risco.

Os custos atrelados a esta visita imersiva estariam na seguinte ordem:

VISITA IMERSIVA

- HH Desenvolvedor (Scaneamento, Renderização, Software de Visualização) = R\$ 90.500,00
- Óculos RV = R\$ 17.176,46

R\$ 107.676,46

Avaliando o Perfil do Respondente

2. Sua idade está entre: *

Marcar apenas uma oval.

- abaixo de 18 anos
 18 a 25 anos
 26 a 35 anos
 36 a 42 anos
 43 a 55 anos
 56 a 62 anos
 acima de 63 anos

3. Qual seu gênero? *

Marcar apenas uma oval.

- Feminino
- Masculino
- Prefiro Não dizer
- Outro: _____

4. Você é? *

Marcar apenas uma oval.

- Estudante de Nível Médio/Técnico
- Estudante Nível Superior
- Empregado(a) Setor Privado
- Servidor(a) Público
- Empresário(a)/Autônomo(a)
- Outro: _____

5. Você já usou um óculos de Realidade Virtual antes? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Pular para a pergunta 6*
- Não *Pular para a seção 5 (Questionário Avaliativo do Industrial Tour - ETC MSJ)*

Uso de Óculos Virtual

6. A quanto tempo atrás você utilizou um óculos de Realidade Virtual? *

Marcar apenas uma oval.

- Na semana passada
- A mais de duas semanas
- No mês passado
- Antes do mês passado
- Não me recordo

7. Na última vez por quanto tempo você utilizou o óculos de Realidade Virtual? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 1 minuto
- Entre 2 e 10 minutos
- Entre 11 e 30 minutos
- Entre 31 e 50 minutos
- Por mais de 1 hora

8. Da vez anterior, qual foi a marca do óculos de Realidade Virtual que você utilizou? *

Marque todas que se aplicam.

- Pro Realidade Virtual – HTC Vive
 Meta Quest 2
 Pico VR
 Óculos Realidade Virtual Bluetooth – BOB
 Óculos 3D Gear – Samsung
 Óculos VR 3D – Brastoy
 Óculos De Realidade Virtual – Gazechimp
 VR Kit – PlayStation
 Óculos 3D Realidade Virtual – Warrior
 Não me recordo
 Outro: _____

9. Quando usou qual foi a finalidade para qual utilizou o óculos de Realidade Virtual? *

Marque todas que se aplicam.

- Uso profissional/Trabalho
 Uso acadêmico/pesquisa/experimento
 Uso acadêmico/estudar
 Diversão/Jogos
 Uso comercial/Experimentar produto
 Treinamento

Questionário Avaliativo do Industrial Tour - ETC MSJ

Por favor recorde o seguinte critério para avaliação da ferramenta:

Por favor utilize a seguinte escala para responder as próximas perguntas

1	2	3	4	5	6	7
Discordo Totalmente	Discordo em grande parte	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo em grande parte	Concordo Totalmente

Início do questionário

10. Eu acho que a visita imersiva seria útil no meu dia-a-dia *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
 Disc Concordo totalmente

11. Usar a visita imersiva aumentaria minhas chances de conseguir coisas que são importantes para mim *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

12. Usar a visita imersiva me ajudaria a realizar as coisas mais rapidamente *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

13. O uso da visita imersiva aumentaria a minha produtividade *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

14. Aprender a usar a visita imersiva é fácil para mim *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

15. Minha interação com a visita imersiva foi clara e compreensível *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

16. Eu acho a visita imersiva fácil de usar *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

17. É fácil para mim ficar habilidoso(a) no uso da visita imersiva *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

18. Eu tenho os recursos financeiros necessários para usar a visita imersiva *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

19. Eu tenho o conhecimento necessário para usar a visita imersiva *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

20. A visita imersiva é compatível com outras tecnologias que eu uso. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

21. Posso obter ajuda de outros quando tenho dificuldades em usar a visita imersiva. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

22. A visita imersiva é divertido *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

23. Usar a visita imersiva é agradável *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

24. Usar a visita imersiva é muito prazeroso. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

25. A visita imersiva está a um preço razoável *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

26. A visita imersiva tem um bom custo benefício *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

27. Considerando o valor atual, a visita imersiva possui um bom preço de mercado *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

28. Eu pretendo continuar usando a visita imersiva no futuro *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

29. Sempre tentarei utilizar a visita imersiva no meu dia-a-dia *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

30. Eu pretendo continuar a usar a visita imersiva frequentemente. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

Pular para a pergunta 38

Seção Hábito

Uso apenas para o UTAUT 2

31. O uso do Simlab Composer tornou-se um hábito para mim. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

32. Estou exagerando no uso do Simlab Composer *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

33. Devo usar o Simlab Composer *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

34. Usar o Simlab Composer tornou-se natural para mim *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

Pular para a pergunta 38

Seção Influência social

Uso apenas para o UTAUT 2

35. As pessoas, que são importantes para mim, achavam que deveria usar o Simlab Composer *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

36. As pessoas, que influenciam meu comportamento, achavam que eu deveria usar o Simlab Composer *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

37. As pessoas, cujas as opiniões eu valorizo, preferem que eu use o Simlab Composer *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5 6 7
Disc Concordo totalmente

Pular para a pergunta 38

Feedback

38. Tem algum comentário sobre o processo do experimento ou sugestões?

39. Alguma dificuldade técnica foi encontrada durante a realização do experimento?

25/07/2024, 16:16

Avaliação Visita Imersiva
Google Formulários

https://docs.google.com/forms/d/1awfNJuHoZJKSnGmBtekPR4iNrxycu1ob3hbbBRB7_Zk/edit

9/9

Referências

- AFPM, C. **Infographic: Downstream, Midstream and Upstream.** , 5 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.afpm.org/newsroom/infographic/infographic-downstream-midstream-and-upstream>>. Acesso em: 15 jan. 2023
- AHN, E.-Y. et al. Analysis of Emerging Geo-technologies and Markets Focusing on Digital Twin and Environmental Monitoring in Response to Digital and Green New Deal. **ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY**, v. 53, n. 5, p. 609–617, out. 2020.
- ANTONIALLI, F.; ANTONIALLI, L. M.; ANTONIALLI, R. Usos e abusos da escala likert: estudo bibliométrico nos anais do EnANPAD de 2010 a 2015. **Congresso de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 1, p. 4494–4516, 2016.
- AZIZ, F. A. et al. **Virtual Reality Training Platform in Onshore Pipeline.** (M. Awang, S. Emamian, F. Yusof, Eds.)**ADVANCES IN MATERIAL SCIENCES AND ENGINEERING. Anais...: Lecture Notes in Mechanical Engineering.**2020.
- BELAROUSSI, R. et al. Designing a Large-Scale Immersive Visit in Architecture, Engineering, and Construction. **Applied Sciences**, v. 13, n. 5, p. 3044, 2023.
- BOOTH, S. W. et al. Activity and burrowing behaviour of wireworms (*Agriotes* spp.) in the presence or absence of roots. **Applied Soil Ecology**, v. 176, p. 104500, 1 ago. 2022.
- CARDONA, H. et al. Virtual Tours to Facilities for Educational Purposes: A Review. **TEM Journal**, p. 1725–1731, 2023.
- CAVALLARO, S. et al. Virtual Tours to Promote the Remote Customer Experience. Em: NEWNES, L. et al. (Eds.). **Advances in Transdisciplinary Engineering.** [s.l.] IOS Press, 2021.
- CHEN, Y.; WANG, X.; XU, H. Human factors/ergonomics evaluation for virtual reality headsets: a review. **CCF TRANSACTIONS ON PERVASIVE COMPUTING AND INTERACTION**, v. 3, n. 2, SI, p. 99–111, jun. 2021.
- CORALLO, A. et al. Action Research on Virtual-Reality-Assisted Product and Process Design. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 69, n. 6, p. 3292–3309, 2020.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches.** Fifth edition ed. Los Angeles: SAGE, 2018.
- DIAS JUNIOR, L. G. S. et al. Mobile virtual reality laboratory for industrial maintenance training: a technical and economic feasibility study. v. 23, n. 3, 29 ago. 2023.
- DIAS JUNIOR, L. G. S.; FERREIRA, C. V.; WINKLER, I. Virtual Reality Applied to Product Development in the Oil and Gas Industry: A Brief Review. **JOURNAL OF BIOENGINEERING, TECHNOLOGIES AND HEALTH**, v. 5, n. 4, p. 329–334, 3 fev. 2023.
- ECKERT, D.; MOWER, A. The effectiveness of virtual reality soft skills training in the enterprise: a study. **PricewaterhouseCoopers**, p. 73, 2020.

ELIJAH, O. et al. A Survey on Industry 4.0 for the Oil and Gas Industry: Upstream Sector. **IEEE ACCESS**, v. 9, p. 144438–144468, 2021.

GRABOWSKA, S.; SANIUK, S.; GAJDZIK, B. Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0. **Scientometrics**, v. 127, n. 6, p. 3117–3144, jun. 2022.

GROSSER, P. F. et al. Virtual field trips in hydrological field laboratories: The potential of virtual reality for conveying hydrological engineering content. **Education and Information Technologies**, v. 28, n. 6, p. 6977–7003, jun. 2023.

KOUTROMANOS, G.; KAZAKOU, G. Augmented reality smart glasses use and acceptance: A literature review. **Computers & Education: X Reality**, v. 2, p. 100028, 2023.

KUMAR, V. V. et al. Virtual reality in chemical and biochemical engineering education and training. **Education for Chemical Engineers**, v. 36, p. 143–153, jul. 2021.

LUO, Y. et al. Immersive Virtual Field Trips with Virtual Reality in Construction Education: A Pilot Study. **Annual Associated Schools of Construction International Conference**, EPiC Series in Built Environment. v. 3, n. 58, p. 614–623, 2022.

MAKRANSKY, G.; MAYER, R. E. Benefits of Taking a Virtual Field Trip in Immersive Virtual Reality: Evidence for the Immersion Principle in Multimedia Learning. **Educational Psychology Review**, v. 34, n. 3, p. 1771–1798, set. 2022.

MANDER, S.; VISHNU, P.; LOVREGLIO, R. Using 360-Degree Virtual Tours to Teach Construction Students. **AUBEA 2022**, p. 811–818, 2022.

NETLAND, T. et al. Immersive Learning with Virtual Field Visits: Spherical Video-Based Virtual Reality of Factory Environments. **INFORMS Transactions on Education**, 2023.

OFFERMANN, P. et al. Artifact Types in Information Systems Design Science – A Literature Review. Em: WINTER, R.; ZHAO, J. L.; AIER, S. (Eds.). **Global Perspectives on Design Science Research**. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. v. 6105p. 77–92.

PAGE, M. J. (ED.). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Systematic reviews**, v. 10, n. 1, p. 1–11, 29 mar. 2021.

PARONG, J.; MAYER, R. E. Learning science in immersive virtual reality. **Journal of Educational Psychology**, v. 110, n. 6, p. 785–797, ago. 2018.

PEFFERS, K. et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, dez. 2007.

RADIANTI, J. et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. **Computers & Education**, v. 147, p. 103778, abr. 2020.

RITTER, K.; CHAMBERS, T. **PV-VR: A Virtual Reality Training Application Using Guided Virtual Tours of the Photovoltaic Applied Research and Testing (PART) Lab**. 2019 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. **Anais...** Em: 2019 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION. Tampa, Florida: ASEE Conferences, jun. 2019. Disponível em: <<http://peer.asee.org/33218>>. Acesso em: 22 abr. 2024

ROHIZAN, R. B.; VISTRO, D. M.; PUASA, M. R. B. Enhanced Visitor Experience Through Campus Virtual Tour. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1228, n. 1, p. 012067, 1 maio 2019.

SLATER, M. et al. The sentiment of a virtual rock concert. **Virtual Reality**, v. 27, n. 2, p. 651–675, jun. 2023.

SOOS, R. et al. Innovative technologies in training and education for maintenance team of NPPs. **EPJ NUCLEAR SCIENCES & TECHNOLOGIES**, v. 5, 6 dez. 2019.

TEIXEIRA, J. P. B. **Gás Natural: O energético mais competitivo**. [s.l.] Pod, 2015. v. 1

THE AUSTRALIAN NATIONAL UNIVERSITY et al. Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact. **MIS Quarterly**, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2 fev. 2013.

VENKATESH et al. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. **MIS Quarterly**, v. 27, n. 3, p. 425, 2003.

WANASINGHE, T. R. et al. Human Centric Digital Transformation and Operator 4.0 for the Oil and Gas Industry. **IEEE ACCESS**, v. 9, p. 113270–113291, 2021.