



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NYCOLLE OLIVEIRA SOUZA SANTOS

REALIDADE AUMENTADA: UM ESTUDO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR DO ESTADO DO AMAZONAS

MANAUS - AM

2023



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



NYCOLLE OLIVEIRA SOUZA SANTOS

**REALIDADE AUMENTADA: UM ESTUDO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR DO ESTADO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Tecnologias Emergentes.

Orientador: Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Júnior

MANAUS – AM

2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S237r	Santos, Nycolle Oliveira Souza Realidade Aumentada : um estudo em instituições de ensino superior do estado do Amazonas / Nycolle Oliveira Souza Santos . 2023 118 f.: il. color; 31 cm. Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas. 1. Indústria 4.0. 2. Tecnologias Habilitadoras. 3. Realidade Aumentada. 4. Educação. I. Souza Júnior, Armando Araújo de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título
-------	---



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção - PPGE



NYCOLLE OLIVEIRA SOUZA SANTOS

**REALIDADE AUMENTADA: UM ESTUDO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR DO ESTADO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Tecnologias Emergentes.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. **Armando Araújo de Souza Júnior**, Presidente
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. **Marcelo Albuquerque de Oliveira**, Membro
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. **Manoel Carlos de Oliveira Júnior**, Membro
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué 1:9

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por Sua infinita bondade e constante cuidado, por me permitir viver cercada de amor e bênçãos; De Ti vem o meu sustento.

Aos meus pais, *Edson Oliveira* e *Ednildes Ferreira*, que desde a minha infância me guiaram com amor e me ensinaram o caminho a seguir. Agradeço por me incentivarem a perseguir meus sonhos, hoje colho frutos das sementinhas que vocês me ajudaram a plantar.

Ao meu esposo e também melhor amigo, *Wellington Rodrigues*, por sempre me encorajar a superar os meus limites, por tanto amor, cuidado e paciência durante o mestrado e ao longo dos anos. Obrigada por ter me acompanhado em mais uma realização, esta vitória é tão sua quanto minha.

À minha querida irmã, *Nayara Santos*, minha outra metade, por deixar bilhetinhos surpresas que me fazem sentir amada e me dão ânimo, e ainda, por sempre me ouvir e me auxiliar. Amo compartilhar a vida com você.

Aos meus pequenos *Alice* e *Germano*, por entenderem minhas ausências durante a realização desta pesquisa e por serem motivo das minhas risadas e alegrias. Vocês são meu combustível para seguir em frente.

Às minhas amigas de jornada, *Gabriela Filgueira* e *Brenda de Jesus*, por terem tornado esse caminho menos árduo, pela troca de experiências e por todas as palavras de motivação, era bom saber que eu não estava sozinha.

Ao meu cachorro, *Luke Skywalker*, por sempre me fazer companhia enquanto eu passava horas em frente ao computador durante as aulas e durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. *Armando Araújo de Souza Júnior*, por ter me dado apoio e direcionamento durante o desenvolvimento desta pesquisa. Sua orientação foi fundamental para a conclusão deste trabalho e para o meu aprendizado como pesquisadora.

Aos professores que fazem parte do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, em especial ao Coordenador do Programa, Prof. Dr. *Marcelo Oliveira de Albuquerque*, pela disponibilidade e pela transferência de conhecimentos ao longo do estudo.

Aos meus amigos, *Joice, Stanley e Rapha*, por todo o incentivo, suporte e palavras de motivação.

Aos alunos e professores que gentilmente dispuseram seu tempo para participar ativamente da pesquisa, contribuindo para a robustez dos dados coletados.

RESUMO

Ao longo dos anos, avanços tecnológicos conhecidos como Revoluções Industriais foram fundamentais para impulsionar a industrialização global. A Indústria 4.0, que começou a ganhar destaque em 2011, na Alemanha, representa uma evolução da automação industrial ao integrar tecnologias inovadoras em vários setores da economia, inclusive na educação, modificando métodos de ensino e oferecendo oportunidades para aprimorar o processo ensino-aprendizagem, especialmente através da aplicação da realidade aumentada. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização da realidade aumentada sob a perspectiva dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do estado do Amazonas. Para isso, foi realizada uma pesquisa de abordagem qualitativa de caráter exploratório, que teve como base a pesquisa de campo por meio de entrevistas semiestruturadas fundamentadas no Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (*Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches - MAREEA*). A análise de conteúdo demonstrou que a RA vem sendo aplicada para melhoria e aperfeiçoamento do processo educativo, principalmente na educação tecnológica, educação social e educação inclusiva. Todavia, notou-se que esta tecnologia habilitadora da I4.0 ainda não é amplamente difundida no Ensino Superior, de forma que possui lacunas a serem preenchidas, indicando uma carência significativa de investimentos tanto em infraestrutura tecnológica quanto em capacitação dos profissionais da educação para explorar plenamente o potencial da ferramenta.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Tecnologias Habilitadoras, Realidade Aumentada, Educação.

ABSTRACT

Throughout the years, technological advancements, known as Industrial Revolutions, have been pivotal in driving global industrialization. Industry 4.0, which began gaining prominence in 2011 in Germany, represents an evolution of industrial automation by integrating innovative technologies across various sectors of the economy, including education. This modification of teaching methods offers opportunities to enhance the teaching and learning process, especially through the application of augmented reality. In this regard, the objective of the present study was to evaluate the use of augmented reality from the perspective of educators and students in Higher Education Institutions in the state of Amazonas. To achieve this, a qualitative exploratory research approach was employed, based on field research through semi-structured interviews grounded in the Evaluation Model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches (MAREEA). Content analysis demonstrated that augmented reality has been applied for the improvement and refinement of the educational process, particularly in technological education, social education, and inclusive education. However, it was noted that this Industry 4.0 enabling technology is not yet widely disseminated in Higher Education, indicating significant gaps to be filled, highlighting a substantial need for investments in both technological infrastructure and the training of education professionals to fully explore the tool's potential.

Keywords: Industry 4.0, Enabling Technologies, Augmented Reality, Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisão do Trabalho.....	19
Figura 2 – Marcos dos Avanços Tecnológicos	21
Figura 3 – As Revoluções Industriais.....	22
Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0.....	24
Figura 5 – <i>Clouding Computing</i>	25
Figura 6 – Internet das Coisas	29
Figura 7 – Blocos Básicos da <i>IoT</i>	31
Figura 8 – Etapas da Manufatura Aditiva.....	32
Figura 9 – Processamento Computacional	33
Figura 10 – Representação da Simulação.....	36
Figura 11 – Áreas de aplicação da Inteligência Artificial	37
Figura 12 – Robô Colaborativo	38
Figura 13 – Cenário de RA.....	41
Figura 14 – Ambientes da Realidade Misturada	42
Figura 15 – Pokemon Go e RA	44
Figura 16 – Tecnologia AR aplicada à Biologia	46
Figura 17 – Estudantes utilizando o Construção 3D	47
Figura 18 – Estrutura do modelo de avaliação MAREEA	49
Figura 19 – Caracterização do objeto da pesquisa	57
Figura 20 – Categorização dos entrevistados por curso	58
Figura 21 - Avaliação sobre operabilidade de ferramentas de RA.....	62
Figura 22 - Temas relevantes na prevenção de erros	67
Figura 23 - Principais Lacunas Identificadas	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais Características das Revoluções Industriais	23
Quadro 2 - Documentos de orientação da Segurança Cibernética	27
Quadro 3 – Principais Características da IoT	29
Quadro 4 – Blocos Básicos da <i>IoT</i>	30
Quadro 5 – Benefícios 5P do Big Data	34
Quadro 6 – Conceitos de Simulação	35
Quadro 7 – Conceitos de Realidade Aumentada.....	40
Quadro 8 – Procedimentos Metodológicos	56
Quadro 9 - Facilidades e desafios sobre acessibilidade de ferramentas de RA	64
Quadro 10 - Avaliação da variável aceitabilidade	70
Quadro 11 – Identificação de Lacunas e Oportunidades (continua)	87
Quadro 12 – Ações sugeridas para melhoria das percepções.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5P - Produtividade, Prevenção, Participação, Personalização e Previsão

AM - *Additive Manufacturing* (Manufatura Aditiva)

CAD - *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

ENISA - *European Network and Information Security*

ESCO - *European Cyber Security Organization*

FDM - *Fused Deposition Modeling* (Método de Deposição Fundida)

IA - Inteligência Artificial

IES - Instituição de Ensino Superior

IETF - *Internet Engineering Task Force*

IOT - *Internet of Things* (Internet das Coisas)

MAREEA - *Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches* (Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel)

NIST - *National Institute of Standards and Technology* (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia)

OWL - *Web Ontology Language*

RA - Realidade Aumentada

RDF - *Resource Description Framework*

RFID - *Radio Frequency Identification* (Identificação por Radiofrequência)

RM - Realidade Misturada

RV - Realidade Virtual

SLM - *Selective Laser Melting* (Fusão Seletiva a Laser)

SLS - *Selective Laser Sintering* (Sinterização Seletiva a Laser)

STL - *Standard Tessellation Language* (Estereolitografia)

TI - Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

Sumário

1.1 Contextualização do tema	13
1.2 Situação Problema	14
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Justificativa	16
1.5 Estrutura da Dissertação	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Revoluções Industriais e o Surgimento da Indústria 4.0	18
2.2 Tecnologias Habilitadoras	24
2.2.1 Computação em Nuvem.....	25
2.2.2 Tecnologias de Cyber Segurança.....	26
2.2.3 Internet das Coisas (<i>Internet of Things</i>).....	28
2.2.4 Manufatura Aditiva.....	31
2.2.5 <i>Big Data</i>	33
2.2.6 Simulação Computacional.....	34
2.2.7 Robôs Autônomos ou Inteligência Artificial.....	36
2.2.8 Integração de Sistemas.....	38
2.2.9 Realidade Aumentada.....	40
2.3 Fundamentos da Realidade Aumentada	42
2.4 Realidade Aumentada na Educação	44
3 PERCURSO METODOLÓGICO	50
3.1 Natureza da Pesquisa	51

3.2	Objetivos da Pesquisa	51
3.3	Abordagem da Pesquisa	52
3.4	Procedimentos de Pesquisa	53
3.5	Método e Coleta de Dados	53
3.6	Análise dos Resultados	54
3.7	Operacionalização da Pesquisa	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1	Caracterização dos locais objeto deste estudo	57
4.2	Análise de Conteúdo das Entrevistas	58
4.2.1	Aprendizibilidade	59
4.2.2	Operabilidade	61
4.2.3	Acessibilidade	63
4.2.4	Prevenção de Erros	65
4.2.5	Estética	67
4.2.6	Aceitabilidade	68
4.2.7	Envolvimento	71
4.2.8	Novidade	72
4.2.9	Atenção Focada	73
4.2.10	Relevância	75
4.2.11	Confiança	77
4.2.12	Satisfação	78
4.2.13	Efetividade	80
4.2.14	Desafio	81
4.2.15	<i>Feedback</i>	83
4.2.16	Segurança	84
4.2.17	Complexidade	85
4.3	Análise Comparativa das percepções	87
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

6 CONTRIBUIÇÕES.....	97
6.1 Contribuições Acadêmicas	97
6.2 Contribuições Econômicas	97
6.3 Contribuições Sociais.....	97
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICE.....	114

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

O surgimento da Indústria, que ocorreu com o desenvolvimento da máquina a vapor, foi um grande acontecimento que influenciou a evolução histórica da humanidade. Desde o seu surgimento até os dias atuais, a indústria passou por grandes e relevantes mudanças, todas elas, interferiram no modo de organização e no desenvolvimento da sociedade. Do ponto de vista histórico, a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento econômico, exercendo grande impacto nos mais variados setores da economia (Marson, 2014; Sakurai e Zuchi, 2018).

Com o avanço da tecnologia, que ocorreu ao longo dos anos, aconteceram fatos marcantes que contribuíram para o avanço da industrialização em todo o mundo, marcos estes chamados de revoluções industriais. A Primeira Revolução Industrial foi caracterizada pela invenção das máquinas movidas a vapor. A Segunda Revolução Industrial foi conhecida pelo desenvolvimento da indústria no pós-guerra e trouxe a metalúrgica, a siderúrgica e a química, viabilizando a modernização dos métodos de produção. A Terceira Revolução Industrial manifesta-se como auge da era tecnológica, introduzindo inovações como a biotecnologia, a computadorização e a microeletrônica no sistema produtivo, possibilitando mais eficiência e adaptabilidade para a produção. Por fim, uma nova era da tecnologia traz a Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, que visa aproximar ainda mais a relação homem-máquina (Boettcher, 2015; Venturelli, 2017; Cavalcante, 2019).

O termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez em 2011, e é resultado de um projeto de estratégias do governo alemão focado em tecnologia. A Indústria 4.0 tem como objetivo a conectividade, tornando todo o sistema industrial integrado e conectado, desde a produção até o pós-venda, e possui como característica proeminente a utilização das chamadas tecnologias habilitadoras: *Bigdata* (análise de dados em grande escala), Internet das Coisas, Robótica, Simulação, Inteligência Artificial, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada, entre outras. Estas tecnologias proporcionam mais eficiência na entrega de produtos e serviços, redução dos custos envolvidos, além de permitirem uma produção mais flexível e personalizada (Khan; Turowski, 2016;

Venturelli, 2017; Lopes; Silveira, 2017; Sakurai; Zuchi, 2018, Magalhães; Vendramini, 2018).

As tecnologias habilitadoras resultantes da Quarta Revolução Industrial estão impactando positivamente o dia a dia das pessoas, e estão presentes nos mais diversos setores da economia, como por exemplo, na área da saúde, marketing, recrutamento e seleção e desenvolvimento de jogos. Outra aplicação crescente destas tecnologias é na área da educação (Schwab, 2019; Silva, 2018). Segundo Altoé et al. (2005), a utilização de tecnologias aplicadas à educação surgiu nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, com a criação de equipamentos audiovisuais para a instrução de especialistas militares, mas foi apenas em 1970 que o computador começou a ser utilizado como uma ferramenta educativa.

Uma ferramenta resultando da Indústria 4.0, que pode trazer benefícios para o processo de ensino e aprendizagem, é a Realidade Aumentada (RA). Trata-se de uma tecnologia que permite misturar objetos virtuais ao mundo real, utilizando técnicas de visão computacional. Esta tecnologia é capaz de oferecer uma nova forma de apresentação dos conteúdos, aumentando a interação entre o aluno e o conteúdo exposto, melhorando seu entendimento (Azuma, 2006; Kirner; Tori, 2006; Araújo, 2009).

1.2 Situação Problema

As inovações têm impactado nos métodos tradicionais de ensino por meio da inclusão de tecnologias, este fato pode facilitar o aprendizado e a maneira como o professor repassa seu conhecimento aos alunos. As tecnologias de informação e comunicação possuem uma função importante na formação dos discentes, visto que ampliam o acesso à informação e enriquecem o ambiente de aprendizagem (Margetis et al., 2012; Martins; Guimarães, 2012).

Para Monteiro e Silva (2016), a utilização de tecnologia nas instituições de ensino é fundamental para promover um ensino equitativo de interação com as tecnologias e de envolvimento na cultura digital. É necessário que estas instituições explorem todo o seu potencial no processo educativo, incluindo a utilização de dispositivos móveis com ferramentas de RA, esta tecnologia aproxima a realidade virtual e a física, de maneira que os objetos virtuais enriquecem os objetos físicos por meio de informações adicionais, essa

prática traz inovação e se demonstra útil para o ensino (Cadavieco, Goulão, Tamargo, 2014).

Corroborando, Wojciechowski e Cellary (2013) e Radu (2014) enfatizam que a utilização da realidade aumentada no processo de aprendizagem traz alguns benefícios: provoca interesse e curiosidade nos alunos; permite um melhor aproveitamento das aulas; melhora a retenção de memória e o desempenho na execução das atividades; proporciona uma maior colaboração e motivação entre os envolvidos; e aumenta a atratividade das aulas, sendo assim, a RA pode ser uma aliada das instituições de ensino no processo educativo.

A informática tem um efeito positivo no processo educativo, quando devidamente implementada, provoca a interação entre o professor e o aluno, estimulando a aprendizagem cooperativa e a resolução de problemas. Para Billingham (2002) a experiência promovida pelo uso da RA na educação é uma inovação positiva pelas seguintes razões: relacionamento direto entre ambientes reais e virtuais; uso de uma tecnologia de interface facilitada para a manipulação de objetos em tempo real; transição suave entre a virtualidade e a realidade.

Apesar dos benefícios da RA aplicada na área da educação mencionados na literatura, é importante citar alguns desafios da utilização dessa ferramenta. De acordo com um estudo realizado por Souza, Winkler e Lordelo (2019), alguns problemas encontrados foram em relação à segurança e privacidade dos dados, alto custo de aquisição ou desenvolvimento de ferramentas, falta de habilidade de programação, alguns aplicativos de RA em estágio embrionário para a educação, pouco tempo de aula para a implementação de aplicativos, e por fim, pouca experiência com as tecnologias de RA na educação, pois há poucos estudos para verificar a percepção dos professores sobre o valor que a RA pode ter no processo ensino-aprendizagem e sobre a sobrecarga cognitiva que a RA pode gerar em um ambiente de ensino.

Nessa perspectiva, a questão norteadora deste projeto de pesquisa ficou definida como: **qual a percepção dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do estado do Amazonas em relação a utilização da realidade aumentada no processo de ensino e aprendizagem?**

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Avaliar a utilização da realidade aumentada sob a perspectiva dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do estado do Amazonas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar em que áreas do conhecimento a Realidade Aumentada é utilizada em IES localizadas no estado do Amazonas;
- Mensurar a percepção de discentes e docentes sobre a utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem;
- Comparar as percepções de discentes e docentes quanto a utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem.

1.4 Justificativa

A educação é um direito de todos, conforme previsto pela Constituição Federal de 1988 em seu artigo 205, sendo dever do Estado e da família promover a educação e dever da sociedade incentivar o desenvolvimento da pessoa, seu preparo para a cidadania e ainda, a sua qualificação para o trabalho. Deste modo, as instituições de ensino têm o dever de proporcionar um ensino de qualidade para que a sociedade se torne mais justa e igualitária (Kloss, 2020).

Em um contexto de inclusão de inovações no processo educativo, há novas perspectivas de desempenho para professores e alunos, sendo necessário que o processo de formação contemple competências que possibilitem o aprendizado autônomo, crítico e continuado (Lima Filho; Marques, 2019). Segundo os autores Salmi, Kaasinen e Kallunki (2012), docentes com habilidades em tecnologias da informação e comunicação normalmente utilizam mais soluções tecnológicas de forma multifacetada e voltada para os estudantes, isso traz resultados positivos pois as atividades desenvolvidas pelos alunos aumentam o nível de aprendizado.

A implementação de metodologias ativas nos cursos de graduação auxilia no enfrentamento de diversos desafios, desde os basilares (organização acadêmica e administrativa das instituições e dos cursos) até os de construções pedagógicas (crenças, valores e costumes) de docentes e discentes. Para que a inovação educativa seja efetivamente alcançada é necessário que haja novos modelos de organização e produção do conhecimento alinhadas às aplicações práticas (Wall, Prado e Carraro, 2008).

Diante de tantos estudos que evidenciam os benefícios da RA nas práticas pedagógicas (Chang, Morreale e Medicherla, 2010; Lee, 2012; Kerawalla et al. 2006; Klettemberg, Tori e Huanca, 2021; Wangid, Rudyanto e Gunartati, 2020), é importante avaliar o nível de conhecimento e a perspectiva dos envolvidos no processo educativo acerca dos benefícios e dificuldades do uso desta tecnologia. Justifica-se a construção dessa pesquisa sob o argumento que refletir sobre a aplicação da realidade aumentada e investigar sobre a ótica dos estudantes e professores acerca dos benefícios e desafios desta aplicação pode ajudar as Instituições de Ensino Superior a promover melhorias no projeto pedagógico de seus cursos.

Ademais, esta pesquisa é importante pois fornecerá dados que podem auxiliar na verificação do grau de inserção desta tecnologia nas IES no estado do Amazonas, além de identificar dificuldades e benefícios da sua utilização.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em 6 Seções: no Capítulo 1 apresenta-se a introdução com vistas a fazer uma exposição da pesquisa, da problemática discutida, com os objetivos geral e específicos correlacionados, abordando ainda a justificativa do trabalho; por conseguinte, o Capítulo 2 ocupa-se da apresentação do referencial teórico, o qual traz um levantamento bibliográfico com o propósito de fundamentar o tema do presente estudo, tratando das Revoluções Industriais e inclinando-se no aprofundamento da 4ª Revolução Industrial e suas tecnologias habilitadoras, descrevendo sua ocorrência no mundo, no Brasil e na Administração Pública, bem como seus impactos na atividade de Auditoria; no Capítulo 3 tece-se os procedimentos metodológicos, destrinchando-se os aspectos da pesquisa realizada quanto à sua natureza, objetivos, abordagem e procedimentos; em sequência, no Capítulo 4 expõe-se a análise e a discussão dos

resultados. No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões, e no Capítulo 6 as contribuições acerca do estudo, seguido das referências utilizadas como fundamentação teórica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Revoluções Industriais e o Surgimento da Indústria 4.0

A Primeira Revolução Industrial ficou conhecida por invenções significativas que trouxeram progresso para o setor produtivo e de transportes. A descoberta do carvão como fonte de energia, e posteriormente a invenção da máquina a vapor e da locomotiva, foram os grandes marcos desta primeira revolução (Venturelli, 2017; Singh, 2015).

Conforme explicado por Boettcher (2015) e Ashton (1948), a Primeira Revolução Industrial, que substituiu a mão de obra artesã pelas máquinas a vapor, ocorreu inicialmente na Inglaterra (Grã-Bretanha) em meados do século XVIII, posteriormente se espalhando para outros países.

A Indústria 1.0 foi um marco histórico que trouxe avanços tecnológicos, sociais, políticos e culturais que alteraram o modo de vida da sociedade, a partir desses avanços houve a eclosão do capitalismo como resultado da transformação econômica de uma economia agrária e comercial para uma economia industrial, tendo como um dos impactos a transição do sistema feudal para o sistema capitalista (O'brien, 2006; Cavalcante; Silva, 2011).

A instalação das primeiras fábricas acarretou inúmeras modificações, sendo a relação de trabalho e o modo de produção as mudanças que mais atingiram os trabalhadores. A passagem da manufatura para o sistema fabril expandiu o êxodo rural e o crescimento acelerado das cidades, intensificou a produção e a exploração da mão-de-obra, tendo como consequência a redução dos salários e fazendo com que a classe operária precisasse trabalhar mais de dezesseis horas por dia (Thompson, 1989; Hobsbawm, 1989).

A busca constante por novas tecnologias, o surgimento da eletricidade, a transição do ferro para o aço e as melhorias nos meios de transportes, a Segunda Revolução Industrial teve início no final do século XIX. Esta revolução alavancou a economia, impulsionou a criação de novos processos de fabricação e de grandes empresas (Cavalcante, 2019; Silva; Gasparin, 2013).

Durante a Segunda Revolução Industrial foi implementado o conceito de Taylorismo, criado pelo engenheiro Frederick Taylor, o qual propôs que o processo de fabricação deveria funcionar de forma racional. Este autor estabeleceu uma série de princípios, a exemplo da necessidade do controle, da seleção do trabalhador mais apto para cada tarefa, da divisão e da especialização do trabalho, ou seja, cada trabalhador agora participava de apenas uma atividade na linha de produção. Além disso, Taylor também realizou o estudo dos tempos e movimentos, que teve como objetivo determinar o tempo gasto e a maneira certa para a realização de uma atividade, e com isso criar mecanismos de remuneração por produtividade. A racionalização do trabalho trouxe uma melhoria de qualidade de vida para os operários, melhorando os salários e fazendo-os se sentirem mais valorizados (Mendonça De Sá, 2020; Taylor, 2014). A Figura 1 ilustra os operários organizados em uma linha de produção conforme o que preconizava Taylor.

Figura 1 – Divisão do Trabalho



Fonte: Psicologia e Cotidiano (2009).

Ainda durante Indústria 2.0, surgiu o modelo produtivo conhecido como Fordismo, termo idealizado por Henry Ford em 1914, que diz respeito a sistemas de produção em massa e tinha como objetivo maximizar a produção e minimizar os custos envolvidos. Além disso, Ford também criou o processo de semi-automatização que transformou a indústria automobilística. A partir desses novos sistemas e tecnologias, as

indústrias refinaram seus processos produtivos, melhoraram o controle de gastos e obtiveram lucros nunca atingidos (Boettcher, 2015; Silva; Gasparin, 2013).

Além de avanços no setor automobilístico, a Indústria 2.0 também trouxe avanços no setor de telecomunicações e no setor da saúde. Esta revolução resultou em invenções que mudaram o cotidiano das pessoas, como por exemplo o automóvel, o telefone, os antibióticos, a televisão e os fertilizantes e teve como consequência a intensificação e o crescimento da economia mundial. Países ricos como Estados Unidos, Japão e Alemanha buscaram expandir seus mercados e tornaram-se líderes da economia mundial (Dathein, 2003; Cavalcante, 2019).

Já a Terceira Grande Revolução, estimulada pela tensão pós-guerra entre a União Soviética e os Estados Unidos, no início da década de 1970, teve como fundamento basilar a alta tecnologia, principalmente em função dos avanços da microeletrônica, da informática, das telecomunicações, e, dentre outras inovações tecnológicas, tais como a robótica e a biotecnologia (Boettcher, 2015; Cuogo, 2012).

A Terceira Revolução Industrial ou Revolução Técnico-Científica ficou marcada pela utilização de novas tecnologias e modificações no modo de organização do trabalho produtivo e empresarial em decorrência da automação e robotização da produção e a integração entre ciência, tecnologia e produção. Nesta nova fase, as tecnologias mecânica e analógica começam a dar lugar à tecnologia digital. Com a intensificação da globalização houve o surgimento do computador, do telefone móvel e da internet que hoje fazem parte do dia a dia das pessoas, foi o início da era dos sistemas de informação (Chatfield, 2012; Schoenherr, 2004).

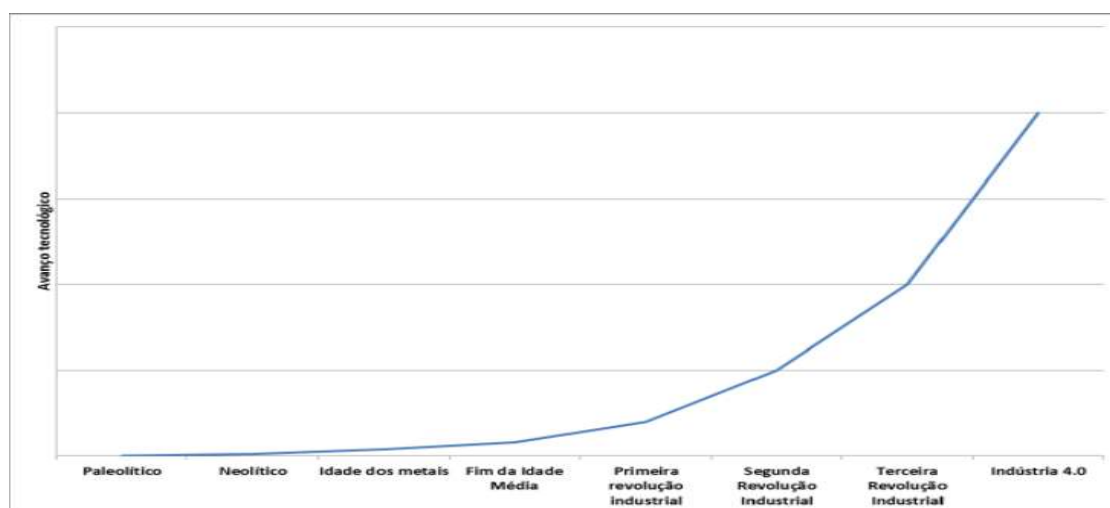
Outra característica relevante da Indústria 3.0 foi o aparecimento do modelo Toyotista ou sistema Toyota de Produção, que é um modelo produtivo considerado flexível por ser adaptável a diferentes lógicas. Algumas ferramentas bastante conhecidas e ainda utilizadas atualmente são o *Just-in-time*, *Kanban*, Gestão da Qualidade Total, e a Terceirização (Porter, 1999; Arsenio, 2008). Esse modelo de produção enxuta alterou os padrões de competições mercadológicas existentes.

Em síntese, as três primeiras Revoluções Industriais foram consequências da mecanização, eletricidade e tecnologia da informação, respectivamente. Todavia, as inovações continuam surgindo e a tecnologia está em constante evolução, em consequência, o mundo vivencia atualmente a Quarta Revolução Industrial, comumente chamada de Indústria 4.0, indústria da internet ou indústria integrada (Hofmann et al.,

2017). De acordo com Kagermann et al. (2013), a Quarta Revolução Industrial pode ser conceituada como uma realidade na qual as empresas definem redes globais sob forma de Sistemas Físico-Cibernéticos, os quais introduzem softwares inteligentes habilitados a se comunicarem entre si de forma autônoma e automática (através da Internet das Coisas/*Internet of Things*), sem a necessidade de intervenção humana.

Além da integração e comunicação virtual, Morais e Monteiro (2016) informam modificações sociais, políticas e econômicas, sendo todas estas modificações decorrentes de avanços tecnológicos. Conforme demonstrado na Figura 2, os primeiros marcos de desenvolvimento da história, que correspondem aos períodos Paleolítico, Neolítico, Idade dos Metais e fim da Idade Média, não apresentaram evoluções tecnológicas significativas quando em comparação com os avanços percebidos após a Primeira Revolução Industrial.

Figura 2 – Marcos dos Avanços Tecnológicos

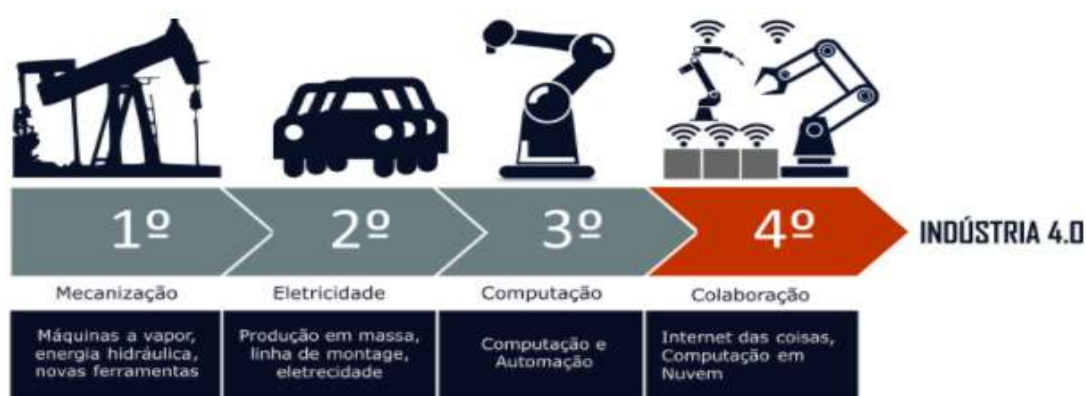


Fonte: Morais e Monteiro (2016).

O termo Indústria 4.0 surgiu em 2011 na feira de Hannover na Alemanha, como uma iniciativa do governo germânico para fortalecer a liderança do país na área de inovação tecnológica. Nesse sentido, o Governo Federal da Alemanha anunciou que o desenvolvimento dos princípios da Indústria 4.0 se tornaria foco de seu investimento como iniciativa de desenvolvimento de alta tecnologia, tendo como resultado um grupo de trabalho chamado “*Industrie 4.0 Work Group*”, o qual desenvolveu um estudo com recomendações para a implementação do conceito (Kagermann et al., 2013; Alani; Alloghani, 2019; Takakuwa et al., 2018). Em 2013, aconteceu a edição final sobre esse

novo conceito de indústria, também na feira de Hannover (Silveira, 2017). A Figura 3 demonstra resumidamente a evolução das Revoluções Industriais até a Indústria 4.0.

Figura 3 – As Revoluções Industriais



Fonte: Logique Sistemas (2017).

Devido à megatendências nas demandas de mercado, a indústria manufatureira está sujeita a mudanças. Na visão de Westkämper (2014), estão acontecendo várias transformações que irão alterar consideravelmente todo o modelo de fabricação. Uma tendência muito facilmente percebida é a individualização, uma vez que nos últimos anos houve o aumento da demanda por produtos personalizados e a consideração do desejo dos clientes tornou-se comum em muitas indústrias, como têxtil, computadores pessoais, carros e móveis. O aumento da exigência dos clientes por produtos e serviços que atendam suas expectativas pessoais faz com que as empresas precisem se adaptar e implantar novos processos produtivos e tecnologias inteligentes, utilizando conceitos como customização em massa e produção em série flexível.

Para que uma organização se mantenha no mercado no ambiente da Indústria 4.0, torna-se obrigatória a utilização da produção versátil e a criação de mecanismos que possibilitem a detecção do desejo dos clientes. Nesse cenário, o cliente se torna ativo, manifestando suas vontades e dando sugestões para inovações de produtos. Ademais, as máquinas inteligentes baseadas em sistemas de informação são fundamentais neste processo (Porter; Heppelmann, 2014; Oettinger, 2015).

Outros fatores da Indústria 4.0 que também requerem produtos e sistemas mais flexíveis e adaptáveis são a volatilidade e a eficiência energética e de recursos. Na visão de Spath et al. (2013), a palavra volatilidade é o preceito do momento, mudanças repentinas devidas às flutuações sazonais, flutuações de preços ou ciclo de vida do produto fazem com que as organizações contemporâneas necessitem ter adaptabilidade para permanecerem competitivas.

De igual modo, a utilização sustentável de energia e de matéria-prima é crucial para esta competitividade. Devido ao crescimento da população mundial a demanda por energia e por matérias-primas minerais sofre um aumento exponencial e isso impacta diretamente na maneira como a sociedade utiliza esses recursos, devido ao risco de escassez. Assim, é imprescindível que a utilização destes recursos seja realizada de modo responsável e racional. Portanto, a indústria transformadora tem grande responsabilidade na melhoria da utilização e conservação desses recursos (Kagerman et al., 2013).

Ainda sobre os possíveis impactos da Quarta Revolução Industrial, na leitura de Schwab (2016), quatro mudanças elementares ainda acontecerão no mundo: alterações nas expectativas dos clientes, presença de produtos e serviços inteligentes, novas possibilidades de parcerias de negócios, transformação do modelo operacional atual para modelo digital. Ademais, a presença de tecnologias inteligentes, que possibilitam a interação entre máquina e máquina e/ou máquina e ser humano, poderá afetar 50% da economia mundial, estima-se que mesmo a mão-de-obra de alta habilidade poderá ser substituída por máquinas inteligentes (Behrendt, 2018; Ford, 2009). O Quadro 1 mostra as principais características das Revoluções Industriais já ocorridas no mundo até o contexto atual.

Quadro 1 – Principais Características das Revoluções Industriais (continua)

PERÍODO	PERÍODO DE TRANSIÇÃO	RECURSOS DE ENERGIA	PRINCIPAIS REALIZAÇÕES TÉCNICAS	PRINCIPAIS INDÚSTRIAS DESENVOLVIDAS	MEIOS DE TRANSPORTE
I: 1760-1900	1860 – 1900	Carvão	Motor a Vapor	Têxtil, Aço	Trem
II: 1900 - 1960	1940 – 1960	Eletricidade de Petróleo	Motor de Combustão Interna	Metalúrgico, Automóvel, Construção de Máquinas	Trem, Carro
III: 1960-2000	1980 – 2000	Energia Nuclear	Computadores, Robôs	Automóvel, Químico	Carro, Avião

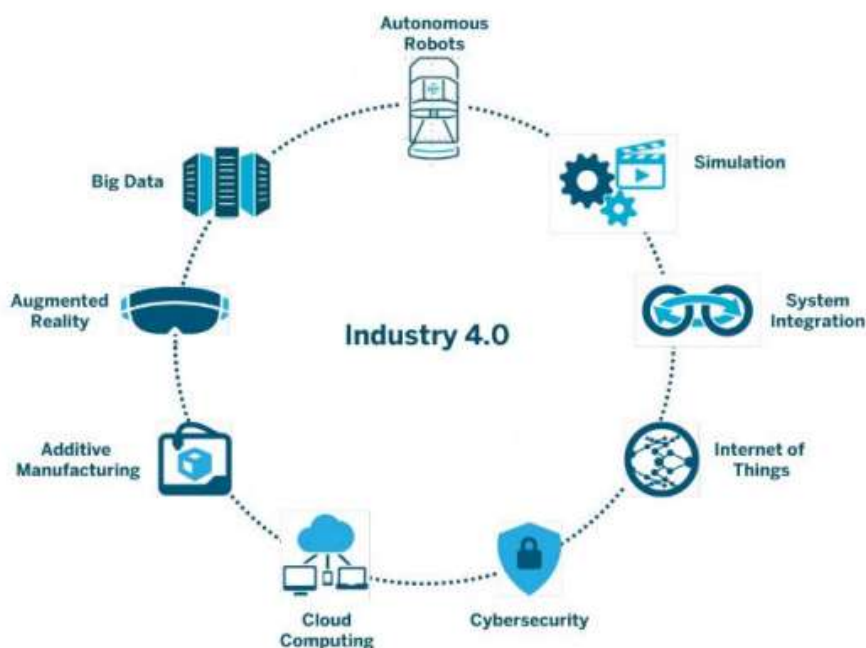
Quadro 2 – Principais Características das Revoluções Industriais (conclusão)

IV: 2000-	2000-2010	Energias Renováveis	Internet, Impressão, Engenharia Genética	Indústrias de Alta Tecnologia	Carros Elétricos, Metrô (Trens ultrarrápidos)
-----------	-----------	---------------------	--	-------------------------------	---

Fonte: Adaptado de Prisecaru (2016).

2.2 Tecnologias Habilitadoras

A Indústria 4.0 é uma tendência que está transformando a indústria, esta tendência traz consigo nove pilares que quando em uso no sistema produtivo ajudam a alcançar o padrão 4.0. Estes pilares são comumente conhecidos como tecnologias habilitadoras. Essas tecnologias incluem, por exemplo, Big Data, Internet das Coisas e Realidade Aumentada (Estévez, 2016; Alani; Alloghani, 2019). Os novos pilares da Indústria 4.0 transformarão um sistema produtivo isolado em um totalmente integrado e otimizado (Rüßmann et al., 2015). A Figura 4 apresenta os pilares da Quarta Revolução Industrial, os quais serão retratados ao longo deste tópico.

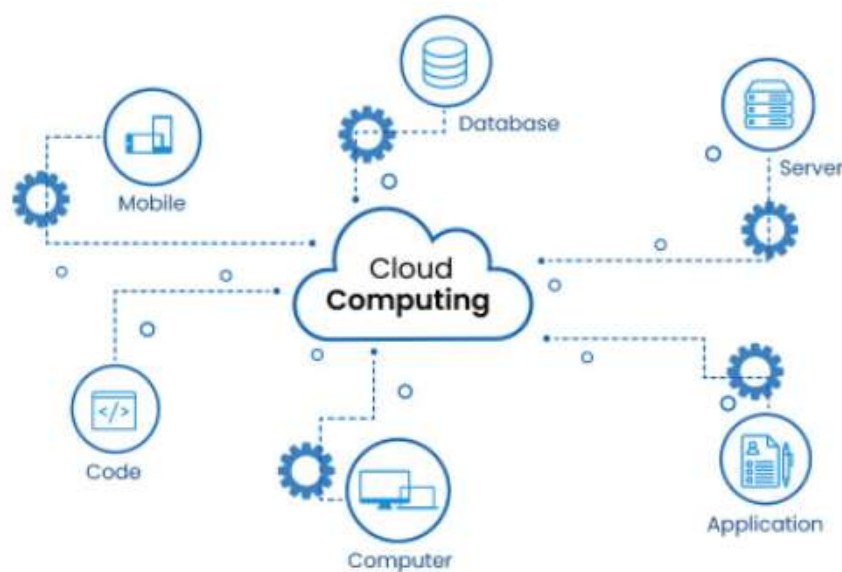
Figura 4 – Pilares da Indústria 4.0

Fonte: ISA Distrito 4 (2016).

2.2.1 Computação em Nuvem

A computação em nuvem está sendo muito utilizada por grandes empresas atualmente. A palavra nuvem, nesse cenário, nada mais é que a infraestrutura provida de forma remota, na qual a empresa possui recursos computacionais longe de seus escritórios e que são gerenciados por provedores, de forma que toda a arquitetura seja invisível ao usuário final. Essa infraestrutura pode ser utilizada de acordo com a demanda do solicitante, o que faz com que o uso dos serviços em nuvem seja mais rentável. A computação em nuvem diz respeito a possibilidade de um usuário utilizar serviços de TI por meio da Internet, sendo assim, o usuário só precisa possuir um browser no seu hardware para ter acesso a aplicativos ou arquivos de qualquer lugar (Buyya et al., 2009; Microsoft, 2016).

Figura 5 – Clouding Computing



Fonte: ESDS (2022).

Na visão de Armbrust et al. (2009), a computação em nuvem tem a finalidade de prover serviços computacionais (redes, armazenamento, servidores) sob demanda, com baixo custo, segurança de disponibilidade, escalabilidade, acessibilidade de forma simplificada.

Corroborando com esta ideia, o Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia – NIST (2011) afirmou que um serviço de nuvem padrão deve possuir características

essenciais, quais sejam: *pooling* de recursos, *self-service* sob demanda, amplo acesso à rede, elasticidade rápida e serviço medido. Essas características são benefícios que as soluções de computação em nuvem oferecem (Zhong et al., 2017; Mell; Grance, 2009).

Não apenas as grandes organizações como também as pequenas estão adotando o modelo de computação em nuvem haja vista os benefícios que traz. A utilização dessa ferramenta auxilia no gerenciamento de processos, compartilhamento facilitado de dados, reutilização de código fonte e principalmente, redução de custos no que tange a infraestrutura, licenças de software, armazenagem, espaço físico, energia e investimentos em hardware (Sousa et al., 2009; Oliveira, 2015).

Pelo fato de a computação em nuvem ser um modelo que utiliza a Internet para prestar seus serviços de forma que o compartilhamento de dados aconteça de forma fácil e rápida, questões relacionadas à segurança da informação devem ser consideradas para garantir a confidencialidade, autenticidade e integridade dos dados (Dias, 2013; Sousa et al., 2010).

2.2.2 Tecnologias de Cyber Segurança

Com o aumento da conexão entre diversos setores e a utilização de uma linguagem de comunicação padrão trazida pela Indústria 4.0, houve um aumento considerável da necessidade de proteção de sistemas empresariais e de proteção de dados contra ameaças de segurança cibernéticas muito recorrentes nos dias de hoje. Por isso, as questões de segurança cibernética são um desafio complexo para as organizações que adotam a Indústria 4.0, sendo considerado um tema muito relevante (Vaidya et al., 2018; Rüßmann et al., 2015).

Corroborando com esta ideia, Canongia e Mandarino Júnior (2009) argumentam que a segurança digital é uma das principais preocupações do mundo atual. Nesse sentido, fica claro que a abertura e compartilhamento de dados em ampla proporção aumenta os riscos quanto à segurança da informação, e como consequência disso, os ataques cibernéticos acontecem em todo o mundo, atingindo organizações do setor público e do privado. No Brasil, já há diversos casos de ataques cibernéticos e vazamento de dados em organizações de grande porte, como por exemplo *Netsshoes*, *PagSeguro*, *Hyundai*, *Petrobrás* e *Magazine Luiza* (Cavalcante, 2017; Corrêa; Bocchini, 2017).

As tecnologias da segurança cibernética visam a proteção de redes, dispositivos, processos operacionais e de dados contra acessos não autorizados que podem ter como finalidade o uso criminoso. Ter um uso seguro das redes significa garantir operações contínuas e seguras (Cisa, 2009; Verve, 2020).

Quando se trata de segurança cibernética, três pilares devem ser considerados, são eles: integridade, confidencialidade e disponibilidade. A integridade visa garantir que a informação não seja alterada indevidamente e permaneça completa desde sua origem até seu destino, a confidencialidade serve para proteger o conteúdo de determinada informação, permitindo o acesso apenas para pessoas autorizadas, e por fim, a disponibilidade diz respeito a manter a informação disponível para que o usuário possa acessar sempre que quiser e/ou precisar (Goes, 2019; Krause, 1999).

No cenário da Indústria 4.0, entender os padrões da segurança cibernética e realizar o controle da segurança bem como a análise da eficácia desses controles é de extrema importância, sendo assim, com a finalidade de auxiliar as empresas no entendimento e na aplicação do *cyber security*, a *European Cyber Security Organization* (ESCO) e a *European Network and Information Security Agency* (ENISA) compilaram normas e boas práticas existentes sobre o tema, conforme demonstra o Quadro 2.

Quadro 3 - Documentos de orientação da Segurança Cibernética (continua)

DOCUMENTO PADRÃO/ORIENTAÇÃO	ATIVO INDUSTRIAL ENVOLVIDO	PALAVRAS-CHAVES	REFERÊNCIA
ISA/IEC 62443	Sistemas de Automação e Controle Industrial (IACS)	Padrão; Segurança, disponibilidade, integridade e confidencialidade do IACS; Segurança eletrônica	ISA (2016)
IACS Cybersecurity Certification Framework (ICCF)	Sistemas de Automação e Controle Industrial (IACS)	Estrutura; Esquemas de certificação de segurança cibernética; Defesa cibernética em profundidade da IACS	Theron and Lazari (2018)
ANSSI Cybersecurity for Industrial Control Systems	Sistemas de Controle Industrial (ICS)	Guia; cibersegurança ICS; Vulnerabilidades do sistema; Continuidade da função de negócios	ANSSI (2012) ; ANSSI (2014a) ; ANSSI (2014b)
API Standard 1164	Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)	Padrão; Oleoduto e gasoduto; Segurança cibernética SCADA; Melhores Práticas	American Petroleum Institute (API) (2016)
ICS Security Compendium	Sistemas de Controle Industrial (ICS)	Compêndio; segurança ICS; Melhores Práticas; Metodologia de auditoria	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2013)

Quadro 4 - Documentos de orientação da Segurança Cibernética (conclusão)

Catalog of Control Systems Security	Sistemas de controle de infraestruturas críticas e recursos-chave	Catálogo; Diretrizes; Segurança cibernética de sistemas de controle	U.S. Department of Homeland Security (2011)
ICS-CERT Assessments	Sistemas de Controle Industrial (ICS)	Avaliação; riscos de segurança cibernética ICS; Infraestrutura crítica	Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team (2016)
NIST 800-82	Sistemas de Controle Industrial (ICS)	Guia; programa de segurança ICS; Controles de segurança NIST SP 800-53	Stouffer et al. (2015)

Fonte: Adaptado de Corallo et al. (2020).

2.2.3 Internet das Coisas (*Internet of Things*)

A *Internet of Things* (IoT na sigla em inglês) é a capacidade de ligar *hardwares* à rede de internet para o acesso a dados de sensores, independente de hierarquia, possibilitando o controle da máquina física à distância (Kopetz, 2011; Cordeiro et al., 2017). A *Internet Engineering Task Force* - IETF define a *IoT* como sendo um sistema que conecta os objetos eletrônicos, elétricos e até os não elétricos do nosso dia a dia para fornecer comunicação e serviços confiáveis.

Para Magrani (2018), a IoT pode ser entendida, de maneira genérica, como um meio onde objetos físicos podem estar interconectados com a internet, ou seja, uma espécie de conectividade onipresente (ubíqua) onde os objetos interagem uns com os outros por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um contexto de hiperconectividade e incorporando facilidades e soluções funcionais no cotidiano das pessoas.

A Internet das Coisas modifica a maneira como a sociedade interage e consequentemente os modelos de negócio existentes, uma vez que objetos físicos passam a receber estímulos do ambiente, gerar informações e manter comunicação com outros objetos e pessoas (Lacerda; Lima-Marques, 2015). Termostatos inteligentes que verificam a temperatura ambiente e regulam aparelhos de refrigeração, automóveis conectados à internet, sensores para agricultura, relógios que medem quantos passos alguém deu por dia e compartilham essas informações são considerados tecnologias inovadoras associadas ao conceito de Internet das Coisas (Magrani, 2018). A Figura 6 ilustra o conceito da IoT.

Figura 6 – Internet das Coisas

Fonte: LTE Magazine (2016)

As principais características da tecnologia *IoT* são: interconectividade, serviços, heterogeneidade, mudanças dinâmicas, escalabilidade, segurança e conectividade (Patel; Patel, 2016), conforme síntese apresentada no Quadro 3.

Quadro 5 – Principais Características da IoT

Interconectividade	Todos os dispositivos podem se conectar
Serviços	Segurança e consistência semântica na relação dos objetivos físicos com os virtuais
Heterogeneidade	Dispositivos heterogêneos capazes de se comunicarem através da rede de comunicações
Mudanças dinâmicas	Mudança de localização geográfica de dispositivos e variação de quantidade de dispositivos na rede
Escalabilidade	A medida que aumenta o número de dispositivos conectados à internet, mais complexo é o gerenciamento da rede
Segurança	Segurança na transmissão dos dados através da rede
Conectividade	Capacidade que um objeto tem de conectar-se à rede

Fonte: Patel e Patel (2016).

A *IoT* é um aprofundamento do conceito de internet, onde essa rede pode se interligar não só em computadores, mas em outros diversos objetos do dia a dia. Isso ocorre por conta dos avanços tecnológicos que acontecem de forma contínua, principalmente pela criação de diferentes protocolos de comunicação e de nano-

eletrônicos (Mattern; Floerkemeier, 2010; Faccioni Filho, 2016; Vermesan; O. Friess, 2014). Este conceito pode ser entendido como a combinação de diferentes tecnologias que em conjunto permitem a integração de objetos do mundo físico com o mundo virtual. Para a viabilização do funcionamento da rede, há blocos básicos de construção da *IoT*, descritos no Quadro 4.

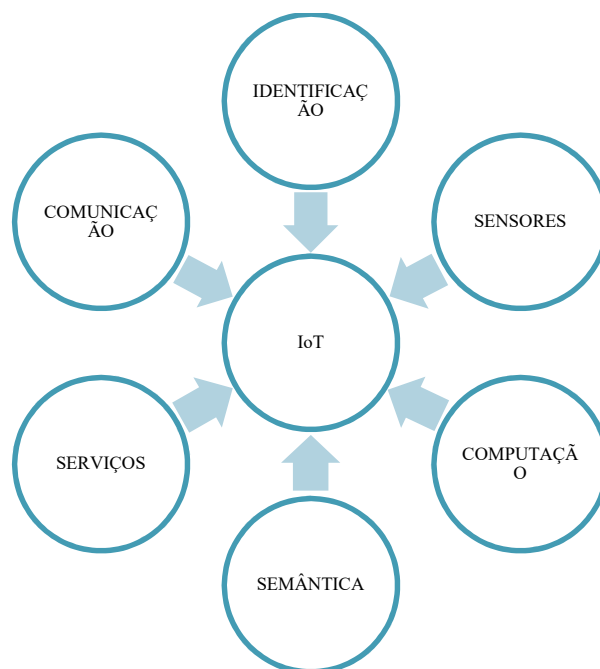
Quadro 6 – Blocos Básicos da *IoT*

Identificação	Identifica os objetos para conectá-los à internet. Tecnologias como endereçamento de IP, RFID e NFC (Near Field Communication) podem ser utilizadas nessa tarefa.
Sensores/Atuadores	Captam os dados sobre o contexto do objeto e armazena/encaminha essas informações para centrais de armazenamento. Já os atuadores podem manipular o ambiente ou reagir conforme com os dados lidos.
Comunicação	Algumas tecnologias utilizadas para a comunicação e conexão de dispositivos inteligentes são Wifi, Bluetooth e RFID
Computação	É responsável por executar os algoritmos locais nos objetos inteligentes
Serviços	A internet das coisas pode entregar diversas modalidades de serviços, entre elas, podemos mencionar os serviços de identificação, colaboração e inteligência, identificação de dados e ubiquidade.
Semântica	Diz respeito à habilidade de extração de conhecimento dos objetos da <i>IoT</i> , ou seja, ao processamento de dados para prover algum serviço. Linguagens como as linguagens Resource Description Framework (RDF), Web Ontology Language (OWL) podem ser utilizadas nesta etapa.

Fonte: Adaptado de Santos et al., (2016).

Os blocos básicos de construção da *Internet of Things* são as tecnologias empregadas que proporcionam o pleno funcionamento da rede, em outras palavras, a *IoT* pode ser entendida como a agregação de diferentes tecnologias que se complementam a fim de viabilizar a incorporação dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual (Santos et al., 2016; Souza, 2018). Os blocos básicos da *IoT* são ilustrados na Figura 7.

Figura 7 – Blocos Básicos da IoT



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2016).

2.2.4 Manufatura Aditiva

Ao passo que as necessidades dos clientes vão mudando e se tornando ainda mais personalizadas e que o ciclo de vida dos produtos está sendo reduzido, as organizações têm o desafio de atender as buscas por produtos customizados reduzindo o *time to market*, ou seja, o tempo de lançamento no mercado. Para lidar com a grande concorrência e a alta complexidade dos produtos, é imprescindível conhecer novos processos e analisar as possíveis vantagens de inovações (Kon; Santana, 2016).

Para Vadya et al. (2018), em virtude das mudanças trazidas pela Indústria 4.0, é importante adotar um modelo flexível de produção, com isso, os sistemas de manufatura aditiva serão largamente utilizados para atender demandas de pequenos lotes de produtos personalizados que oferecem ganhos de produção. Os métodos da manufatura aditiva como por exemplo o Método de Deposição Fundida (FDM), Sinterização Seletiva a Laser (SLS) e Fusão Seletiva a Laser (SLM) diminuirão as distâncias de transporte e o volume de estoque disponível além de tornar a produção mais rápida e barata.

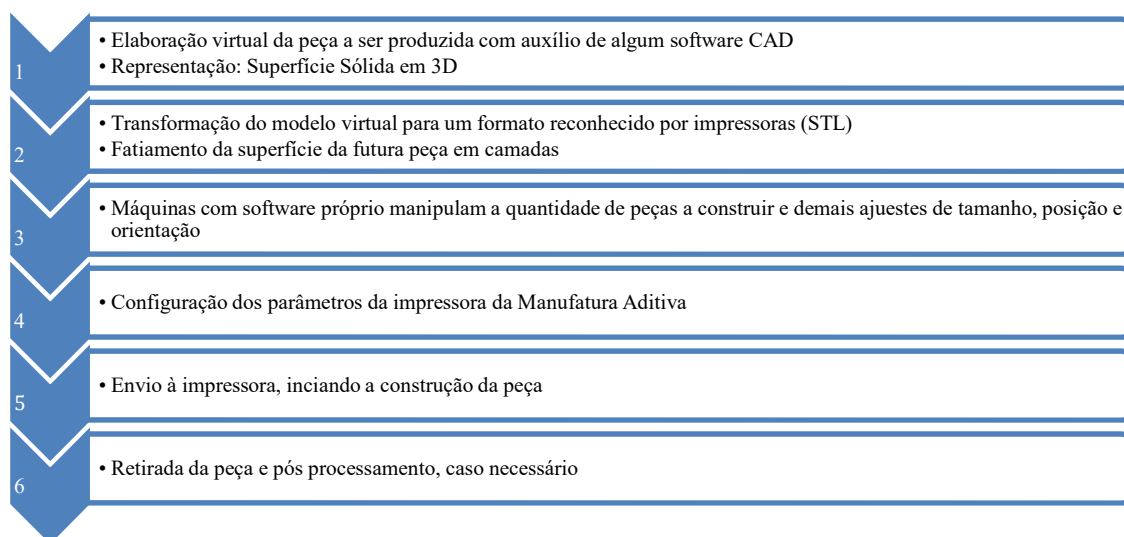
A Manufatura Aditiva ou Impressão 3D pode ser definida como um processo de fabricação que utiliza o acréscimo sucessivo de materiais em forma de camadas, com base em uma figura geométrica computacional 3D. Antes conhecida como prototipagem, esse

modelo de produção além de possibilitar a fabricação de diversos elementos físicos a partir de diferentes formatos e princípios, é um modelo totalmente automatizado e demonstra ganhos de *lead-time* quando comparado aos modelos de fabricação tradicionais, além de possibilitar otimização de energia e de matéria prima e tornar o processo mais funcional (Culmone, 2019; VolpaTO et al., 2017).

Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica a Manufatura Aditiva - AM (*Additive Manufacturing* em inglês) passou a ser aceita em novos mercados por conseguir atingir geometrias mais complexas e uma gama maior de materiais (Vayre et al., 2012; Stewart, 2019).

Na leitura de Rodrigues et al. (2014), a AM é um tipo de processo produtivo que ocorre por meio da adição repetitiva de material em forma de camadas, essa produção tem como base um projeto realizado em modelo virtual (CAD) onde são definidas todas as características e dimensões do produto. Em complemento, para Karapatis et al. (1998), citado por Buttignon et al. (2019), citam que os processos de Manufatura Aditiva seguem as seguintes etapas (Figura 8):

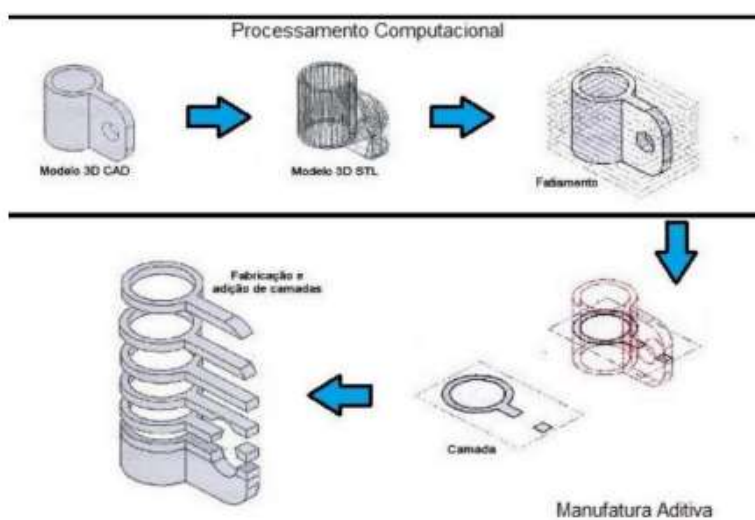
Figura 8 – Etapas da Manufatura Aditiva



Fonte: Adaptado de Karapatis et al. (1998) apud Buttignon et al. (2019).

Reafirmando as etapas da manufatura aditiva definidas por Karapatis et al. em 1998, Bessa (2015) também apresenta uma sequência de processamento em que se inicia utilizando um modelo CAD, seguido de um modelo STL e posteriormente as demais fases do fatiamento até finalizar com a fabricação por meio da adição de camadas. Este modelo desenvolvido por Bessa está apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Processamento Computacional



Fonte: Bessa (2015).

2.2.5 Big Data

De acordo com Sagioglu e Sinanc (2013) e Galdino (2016), até o ano de 2003 os humanos haviam criado 5 exabytes de dados, atualmente, essa quantidade de informação é criada em dois dias. A quantidade de dados gerados todos os dias teve um crescimento exponencial ao longo dos anos, esse crescimento se deve a fatores como a popularização da internet e o aumento de dispositivos conectados à rede.

Para Ometov et al. (2015), o *Big Data* pode ser entendido como a alta quantidade de dados transmitidos em alta velocidade. Esta rápida expansão de dados traz desafios para as organizações quanto as maneiras de captação e processamento do conhecimento, isso inclui a estimulação da capacidade humana de obter informações em grande escala e gerar valor por meio dos dados. Concordando com esta ideia, Ayub et al. (2017), adicionam que o *Big Data* é definido como um complexo número de dados concentrados em um sistema decorrente das informações obtidas pela internet das coisas.

O *Big Data* pode ser identificado por suas quatro características, quais sejam: volume, veracidade, variedade e velocidade. O atributo volume está relacionado à quantidade de dados que a indústria recebe em um determinado prazo, já a veracidade refere-se ao quão confiável e verdadeiros são os dados e informações, a variedade diz respeito à variabilidade de formatos em que os dados são encontrados, e por fim, a

velocidade descreve a rapidez com que as informações são geradas e disponibilizadas na internet (Zikopoulos et al., 2012; Sagioglu e Sinanc, 2013).

Para Oliveira e Simões (2017), o *Big Data* é a grande quantidade de dados armazenados por uma organização, esses dados são utilizados no gerenciamento, coleta e cruzamento de informações, ajudando a basear a tomada de decisão. O *Big Data* no contexto da Indústria 4.0 tem como objetivo unir todos os dados considerados pertinentes e processá-los a fim de convertê-los em conhecimentos, a utilização dessas informações para as tomadas de decisões inteligentes são efetivas e agregam na indústria do futuro.

Para isso, sistemas de RFID subsidiam a relação máquina e software, enviando ao *Big Data* uma quantidade de informações do que acontece no sistema produtivo da empresa, posteriormente os sistemas de análise dos dados são ativados e analisam as alternativas possíveis, escolhendo a melhor decisão em tempo real sem que seja necessária a intervenção humana, isso reduz a quantidade de erros e pode ser aplicado tanto na prevenção quanto na correção dos mesmos (Vaidya; Bhosle, 2018; Taurion, 2013).

Ismail, Malone e Geest (2015) destacam a produtividade, a prevenção, a participação, a personalização e a previsão como sendo os benefícios 5P da *big data*. Cada benefício é detalhado no Quadro 5.

Quadro 7 – Benefícios 5P do Big Data

Produtividade	Fazer mais com menos recursos; Mais dados para focar nos principais recursos; Menos dados pois é possível filtrar somente os que realmente impactam uma situação.
Prevenção	Antecipação de problemas; Ação preventiva; Planejamento mais efetivo no alcance de objetivos.
Participação	Mais pessoas ou organizações contribuindo no fornecimento de dados ou dando sugestões.
Personalização	Atendimentos diferenciado de acordo com as necessidades específicas de cada pessoa.
Previsão	Análises e simulações, antecipando eventos ou calculando valores com mais exatidão.

Fonte: Ismail, Malone e Geest, (2015).

2.2.6 Simulação Computacional

Na era da Indústria 4.0, uma tecnologia que tem trazido diversos benefícios para a área industrial é a simulação, a principal motivação para a utilização dessa técnica é a

redução do tempo de processo no projeto, o que interfere diretamente no custo associado a ele. A simulação oferece alta performance na análise de mudanças recomendadas à um sistema já existente ou no projeto de um sistema novo. Quando esta técnica é devidamente aplicada, é capaz de gerar estimativas do desempenho em relação ao tempo de passagem, aplicação de recursos, cálculos de previsão de filas e de tempos produtivos. A simulação, quando apta a apresentar animação do modelo no computador, também permite a visualização de uma representação gráfica que demonstra o fluxo de peças, pessoas e outras partes envolvidas da produção (Abreu *et al.* 2017; Bateman *et al.*, 2013).

Para Silva *et al.* (2007) a simulação é uma ferramenta de desempenho de um sistema, que trabalha na prevenção de problemas e procura uma solução antes que chegue a fase da produção. É uma técnica que usa a modelagem por meio de um sistema computacional para criar um programa que apresenta o todo ou uma fase do processo produtivo, isto facilita a visualização prévia de todas as etapas e facilita a detecção de erros e previsão de tempo e custo-benefício.

A simulação é feita de etapas que são: formulação do problema e planejamento do estudo; coleta de dados e escolha do modelo; validação do modelo conceitual; criação do programa computacional e checagem; execuções piloto; validação do modelo programado; projeto dos experimentos; execuções de simulação, análise dos resultados e implementação (Gavira, 2003; Banks, 1996).

Com o avanço das tecnologias e o decorrer do tempo, diversos autores tiveram a simulação como objeto de estudo. O Quadro 6 traz um levantamento de conceitos e objetivos da simulação, a partir dele, é possível perceber que os autores mencionados corroboram a ideia de que a simulação é importante para prever como determinado sistema funcionará no cenário real.

Quadro 8 – Conceitos de Simulação (continua)

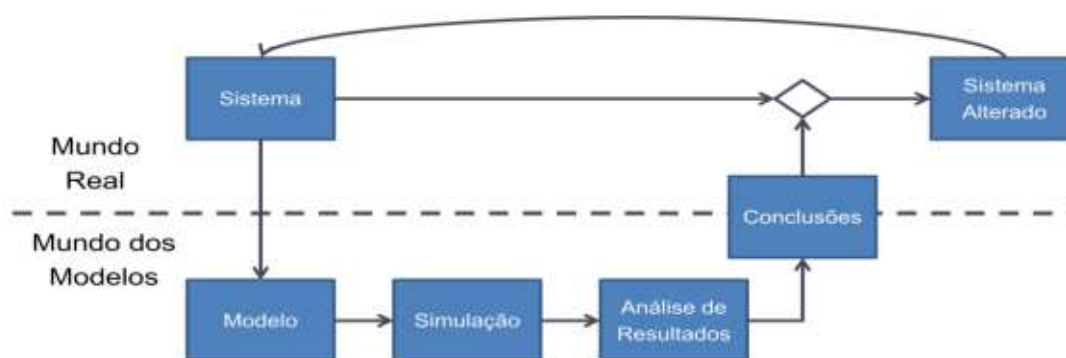
CONCEITO	REFERÊNCIA
Tem como objetivo a reproduzir um sistema real, para prever o seu comportamento e comparar opções de configuração ao nível de recursos e das regras de operação utilizados.	Rodrigues (1995)
Processo de construção de um modelo representativo de um sistema real e realização de experiências com esse modelo com a finalidade de prever o seu comportamento e avaliar o impacto de estratégias alternativas de operação.	Shannon (1998); Ingalls (2001); Anderson <i>et al.</i> (1998)

Quadro 9 – Conceitos de Simulação (conclusão)

É uma técnica da Investigação Operação que permite simular o funcionamento de um sistema real utilizando uma representação apropriada do sistema em estudo; com esses modelos, realiza-se experiências para tirar conclusões que possam ser empregadas no sistema real.	Tavares et al. (1996); Banks (1998); Banks (2000)
É uma técnica numérica que conduz experiências num computador e que leva em conta certos tipos de modelos matemáticos e lógicos ao longo de um determinado período, descrevendo assim o comportamento dos sistemas; a razão da utilização da simulação é a constante necessidade de conhecimento sobre o futuro.	Rubinstein et al. (1998)

Fonte: Eusébio (2019).

A Figura 10, adaptada por Eusébio (2019) a partir de Maria (1997), demonstra resumidamente um estudo de simulação. Inicialmente, cria-se um modelo a partir de um sistema real, depois é realizada a simulação e análise de resultados para que tire as conclusões que vão possibilitar o manuseio do sistema para as devidas melhorias e alterações. Tendo em vista a melhoria contínua dos sistemas, este ciclo se repetirá.

Figura 10 – Representação da Simulação

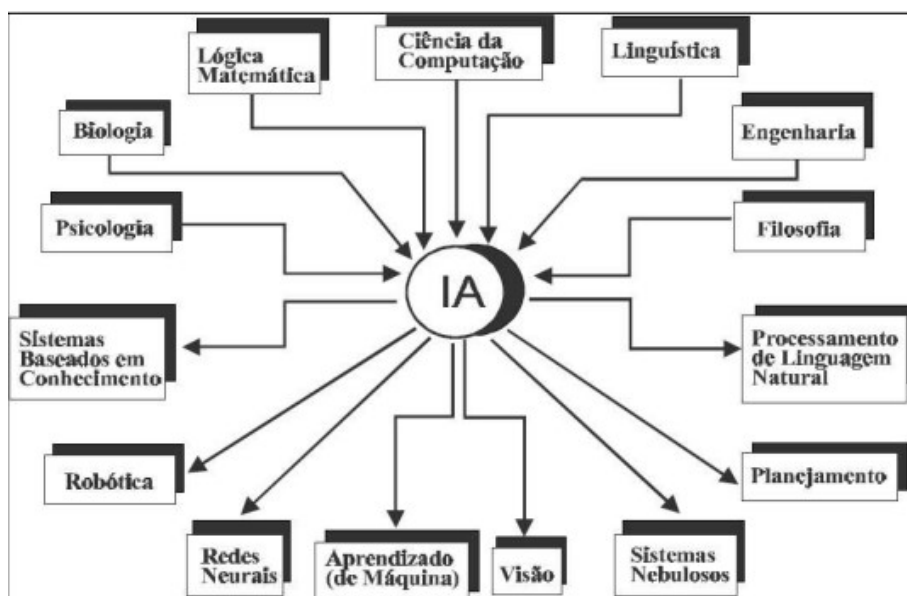
Fonte: Eusébio (2019), a partir de Maria (1997).

2.2.7 Robôs Autônomos ou Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial (IA) é uma ciência que teve início após a Segunda Guerra Mundial e, atualmente, engloba uma vasta variedade de subcampos, podendo ser aplicada desde áreas de uso geral, como aprendizado, até tarefas específicas como jogos de xadrez, sistemas de recomendações e diagnóstico de doenças. A inteligência artificial é um termo

que remete ao uso de um computador para nortear atuação e aprendizagem inteligente com o mínimo de intervenção humana, ou seja, é a robotização de tarefas intelectuais e por isso, é potencialmente relevante e já está presente na vida de bilhões de pessoas nas mais diversas áreas do conhecimento, conforme demonstrado na Figura 11 (Russell; Norvig, 2004; Lu, 2018).

Figura 11 – Áreas de aplicação da Inteligência Artificial



Fonte: Monard e Baranaukas (2000)

Robôs industriais foram criados para executar tarefas repetitivas e que exigissem precisão ou força, o primeiro grupo de máquinas realizava somente tarefas programadas, ou seja, os robôs funcionavam apenas para tarefas definidas antecipadamente de forma que caso houvesse uma mudança era necessária uma parada para reprogramação (Romano; Dutra, 2016).

Por outro lado, a robótica autônoma traz consigo uma nova geração de robôs que percebem o seu ambiente e são capazes de aprender com seus próprios erros, estas máquinas têm a capacidade de se auto programarem e operar longas horas sem a supervisão de um ser humano, o que se torna uma facilitação para a produção flexível (Garcia, 2016).

Por perceberem seu ambiente, os robôs autônomos conseguem controlar seus movimentos evitando acidentes e realizam tarefas com precisão e inteligência dentro do prazo determinado, ademais, têm a capacidade de aprendizagem, podendo trabalhar em

conjunto com outros robôs e com seres humanos (Vadya; Bhosle, 2018; Vallone, 2015). A Figura 12 ilustra um robô colaborativo trabalhando juntamente à uma pessoa, de maneira segura e no mesmo espaço físico.

Figura 12 – Robô Colaborativo



Fonte: Cim Automação (2017).

Esta interação entre máquinas e humanos abre espaço para um trabalho colaborativo nas indústrias à medida que modelos avançados de aprendizado de máquina são aplicados em robôs inteligentes que aprendem com os humanos e desenvolvem outras habilidades necessárias de acordo com o contexto em que estão inseridos. Esta aplicação de IA industrial possibilita, ainda, um dinamismo nos modelos de produção, sem a necessidade de a linha estar limitada a um modelo de produção convencional com produtos idênticos, mas se caracterizando como uma linha de produção modular que se ajusta conforme as necessidades dos clientes (Cheng et al., 2017; Zhong et al., 2017).

2.2.8 Integração de Sistemas

Para Gharegozlou (2016), a integração de sistemas pode trazer muitos benefícios para os negócios, mas ainda é necessário avançar no sentido de fazer com que diferentes sistemas conversem entre si, por meio da padronização e utilização de um protocolo único de comunicação, pois o que acontece até os dias de hoje é que cada fabricante utiliza uma linguagem de comunicação e arquitetura diferente e isso reduz a interoperabilidade entre os sistemas. Ainda, para Rübmann et al. (2015) a maior parte dos sistemas de tecnologia

da informação que existem não possuem uma integração considerável. Porém, com a Indústria 4.0, os sistemas deverão se tornar mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais entre corporações progridam e deem origem a cadeias de valor efetivamente automatizadas.

A integração de sistemas pode ser conceituada como a capacidade de unir diferentes conhecimentos básicos e componentes físicos em sistemas funcionais, em outras palavras, é a junção de diversos sistemas de gerenciamento e controle utilizados para conexão do chão de fábrica com o nível corporativo. Esta conexão possibilita a interligação das cadeias logísticas, fabricantes, fornecedores e consumidores trazendo ganhos como aumento e flexibilização da produção, redução de custos e aumento da competitividade da empresa. A integração de sistemas é um atributo chave de empresas líderes em setores como o aeroespacial, computação e automotivo (Arktis, 2016; Davies et al., 2011).

A integração de sistemas no âmbito na Indústria 4.0 é dividida em integração horizontal e vertical, a primeira se refere à cadeia de produção, ou seja, desde os fornecedores até os clientes, diz respeito a integração de vários sistemas que dão suporte aos processos que agregam valor, como por exemplo, fabricação, vendas e logística, a integração horizontal está presente tanto na empresa produtora, quanto em outros arranjos externos a ela. Já a segunda diz respeito as atividades que devem ser realizadas na fábrica, sendo assim, a integração vertical é aplicada em diferentes níveis hierárquicos dentro da organização e diz respeito a integração dos sistemas de TI aplicados a um mesmo sistema produtivo ou organização, como por exemplo, o nível de atuadores e sensores, o nível de controle e o nível de planejamento dos recursos disponíveis. Este tipo de integração viabiliza uma produção flexível e de fácil reconfiguração (Bitkom, 2015; Pederneiras, 2019).

Para Chien e Kuo (2014) e para Jaehne et al. (2014), as organizações que adotam a integração horizontal podem controlar seus riscos e recursos de maneira altamente eficiente, conquistando assim, uma maior gama de oportunidades no mercado sem a necessidade de investimentos recorrentes. Além disso, organizações em rede se adaptam com rapidez a mercados voláteis.

2.2.9 Realidade Aumentada

O conceito de Realidade Aumentada (RA) surgiu através do pesquisador Ivan Sutherland, na década de 1960, à época, Sutherland escreveu um artigo que idealizava a evolução da realidade virtual e abordava seus reflexos no mundo real, além disso, também desenvolveu um capacete de visão ótica direta rastreado para visualizar objetos 3D no ambiente real. No entanto, foi na década de 1980 que surgiu o primeiro projeto de RA, elaborado pela Força Aérea Americana, este projeto consistia em um simulador de cockpit de avião com visão ótica direta e que mesclava elementos virtuais com o ambiente físico do usuário (Kirner, 2008; Ribeiro; Zorzal, 2011).

A Realidade Aumentada é a agregação do ambiente real e virtual em tempo real, através de instrumentos de tecnologia. Essa agregação acontece por meio da execução de um programa em um computador com webcam, propiciando a projeção de imagens virtuais no mundo real (Portal FIEB, 2016).

Para Kirner (2011) e Insley (2003), a RA pode ser entendida como a complementação ou melhoramento do campo real com informações virtuais (imagens que possuem movimento e podem ser alteradas ou realocadas, sons espaciais, sensações relativas ao tato, entre outras) criadas por computador em tempo real, posicionadas adequadamente no espaço 3D e verificadas através de dispositivos tecnológicos. Em função do crescente interesse na área da Realidade Virtual, foram sintetizados alguns conceitos e suas referências, demonstrados no Quadro 7.

Quadro 10 – Conceitos de Realidade Aumentada

CONCEITO	REFERÊNCIA
É uma particularização de realidade misturada, quando o ambiente principal é real ou há predominância do real;	Tori, Kirner e Siscouto (2006)
É o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionado em tempo real.	Tori, Kirner e Siscouto (2006)
É uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador.	Insley (2003)
É a mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais.	Milgran, (1994)
É um sistema que preenche o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades: combina objetos reais e virtuais no ambiente real; executa interativamente em tempo real; organiza objetos reais e virtuais entre si; aplica-se não somente a visão, mas a todos os sentidos, incluindo audição, tato e olfato.	Azuma (2011)

Fonte: Tori, Kirner e Siscouto (2006).

A Figura 13 mostra um cenário de realidade aumentada, há uma mesa e fichário do mundo real combinados com carrinho e um vaso de planta do mundo virtual fazendo com que os dois ambientes coexistam.

Figura 13 – Cenário de RA



Fonte: Tori, Kirner e Siscouto (2006).

É possível também alterar os objetos virtuais inseridos no ambiente real, utilizando as mãos ou um dispositivo que funcione como uma pá, conforme demonstrado na Figura 13, permitindo a organização e ajuste do ambiente misturado. Essa tecnologia é promissora e trará mudanças positivas no relacionamento das pessoas, pois simplifica a formalização das ideias através da visualização e da interação das pessoas com as informações (Kawashima, 2001; Galana, 2004; Santin, 2004).

É importante destacar que a Realidade Aumentada (RA) é diferente da Realidade Virtual (RV). Na realidade virtual, há a imersão do usuário, ou seja, ele é inserido por completo no ambiente sintético, não podendo ver o mundo real ao seu redor, há uma “substituição” do ambiente real pelo virtual. Ao contrário disso, na realidade aumentada, o ambiente virtual é reproduzido e sobreposto ao ambiente real, ou seja, a RA permite que o usuário veja o mundo real combinado com objetos do mundo virtual (Fernandes; Sanches 2008; Bar-Zee; Lewis, 2016; Bradski et al., 2019).

2.3 Fundamentos da Realidade Aumentada

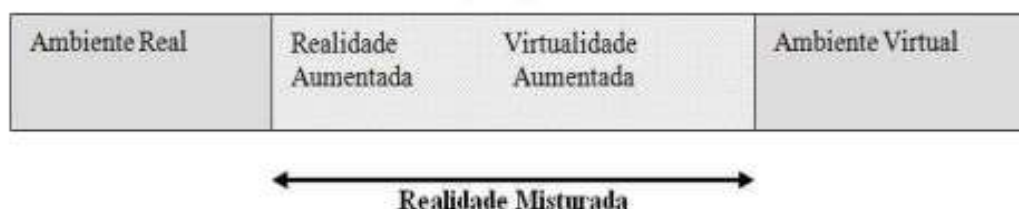
O principal desafio da realidade aumentada é fazer com que os objetos virtuais pareçam fazer parte do mundo real de maneira a se integrarem a este ambiente, criando a ilusão de harmonia. Os sistemas da RA possuem as seguintes características (TORI, 2010; AZUMA, 1997):

- Mescla o real com o virtual, em um ambiente real;
- Aplicação em tempo real;
- Registro em 3D.

Para que essa harmonia seja alcançada é necessário que um software de RA seja executado em um computador com webcam. Por meio de técnicas de visão computacional e processamento de imagens, é possível realizar a mistura da cena do ambiente real, capturada pela webcam, com objetos virtuais produzidos através do computador. Além disso, o software de RA deve possibilitar a interação do usuário com os objetos virtuais e a interação de objetos reais e virtuais em tempo real (Kirner; Zorzal, 2005).

Ainda de acordo com Tori, Kirner e Siscouto (2006) e Milgram (1994), a Realidade Aumentada é uma realidade singular que existe entre os ambientes reais e virtuais, este relacionamento das realidades pode ser entendido como Realidade Misturada (RM), conceito este obtido através das pesquisas de Milgram (1994) em seu “Continuum Real-Virtual” demonstrado na Figura 14. Para Tori, Kirner e Siscouto (2006) a RM incorpora elementos virtuais ao ambiente real e vice-versa, de modo a complementar os dois ambientes.

Figura 14 – Ambientes da Realidade Misturada



Fonte: Adaptado por Tori, Kirner e Siscouto (2006) a partir de Milgram (1994).

A Figura 14 mostra que em um dos extremos da linha da realidade misturada há o ambiente real e no outro extremo há o ambiente virtual. É possível perceber que a Realidade Aumentada ocorre quando há a introdução de objetos virtuais no mundo real, mantendo o senso de presença do usuário no seu ambiente físico natural, já a Virtualidade Aumentada ou Realidade Virtual acontece quando usuários do mundo real são introduzidos no ambiente virtual, a RV busca transportar o usuário para o ambiente virtual.

A RA pode ser dividida em duas classificações, tendo como base o modo de visualização do usuário, ou seja, como ele enxerga o mundo misturado. Nos casos em que o usuário vê o mundo misturado direcionando os olhos para as posições reais com cena óptica ou por vídeo, a RA é de visão direta, também conhecida como imersiva. Já quando o usuário vê o mundo misturado por intermédio de algum dispositivo, como por exemplo um projetor ou monitor, não ordenado com as reais posições, a realidade aumentada é de visão indireta, também conhecida como não imersiva (Tori, Kirner e Siscouto, 2006).

Outra classificação bastante conhecida para os sistemas de realidade aumentada é a classificação que tem por base a tecnologia ou dispositivo utilizado, sendo assim, temos: visão óptica direta; visão direta baseada em vídeo; visão por vídeo baseado em monitor; visão óptica por projeção (Milgram, 1994; Isdale, 2000).

De acordo com Thales Group (2016), a realidade aumentada, que usualmente é mais conhecida no mundo dos jogos e entretenimento, está chegando no ambiente das indústrias. A realidade aumentada poderá fornecer dados com exatidão e em tempo real e há diversas áreas onde a sua aplicação trará benefícios, principalmente as áreas do ensino, aprendizagem e treinamento que deverão passar por uma grande evolução com as novas formas de relacionamento entre professor, aluno e informações (Total Immersion, 2016; Tori, Kirner; Siscouto, 2006).

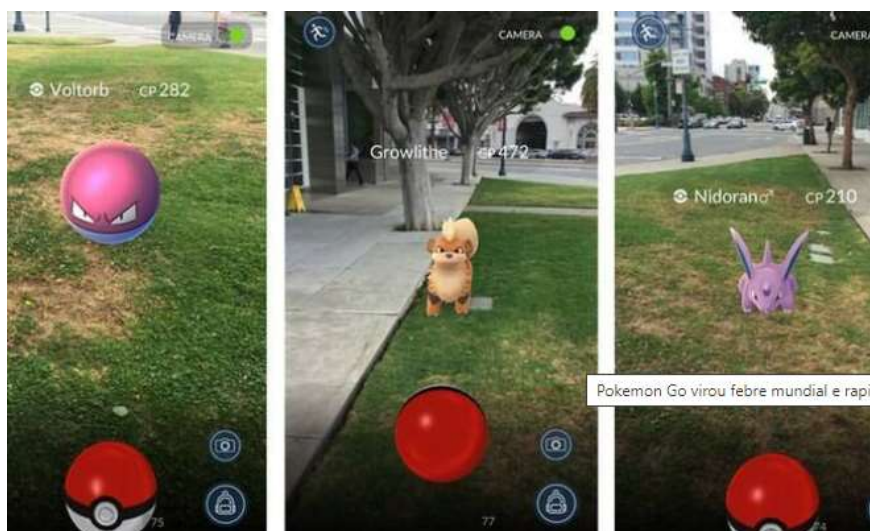
A RA tem sido aplicada em diversas áreas, por exemplo, na medicina com simulação de cirurgias, diagnóstico e treinamento, no desenvolvimento de jogos aplicados à educação e ao lazer e no marketing, expondo produtos como elementos de interação (Moreira, 2012; Romano, 2010; Wanderley, Medeiros e Silva; 2011).

2.4 Realidade Aumentada na Educação

Para Klettemberg, Tori e Huanca (2021), A RA é uma tecnologia que vem ganhando espaço e tem enorme importância para a educação. Ao analisar publicações de artigos científicos sobre a utilização da RA na educação básica, percebe-se um crescimento no interesse pelo tema a partir do ano de 2012. Nesse ano, ocorreu o lançamento do primeiro aplicativo de RA em nuvem (Blippar, 2012) simplificando e melhorando a tecnologia. Em 2016, houve o lançamento do primeiro *game* de RA que se espalhou rapidamente alcançando um grande sucesso: Pokémon Go. Foi constatado pelos autores que após o compartilhamento da realidade aumentada houve a redução nos preços dos dispositivos. A partir de 2016 há um maior número de publicações que tratam de RA aplicada à educação.

Esta constatação corrobora para a afirmação de Tori e Hounsell (2018), no sentido de que a maior propagação tecnológica e a redução dos valores dos dispositivos são fatores fundamentais para a disseminação e consolidação do uso da RA em diversos setores.

Figura 15 – Pokemon Go e RA



Fonte: Portal IG Tecnologia (2018).

Com o enorme sucesso do Pokémon Go, jogos de RA tornaram-se populares, chamando a atenção de diversas áreas, inclusive a da educação. Pokémon GO é um texto multimodal em que os alunos podem interagir fora da sala de aula e pode ser utilizado

para desenvolver e explorar habilidades de alfabetização acadêmica e de raciocínio dentro da sala de aula. No game as crianças têm a oportunidade de desenvolver noções de localização, leitura e de pensamento crítico (Howell, 2017).

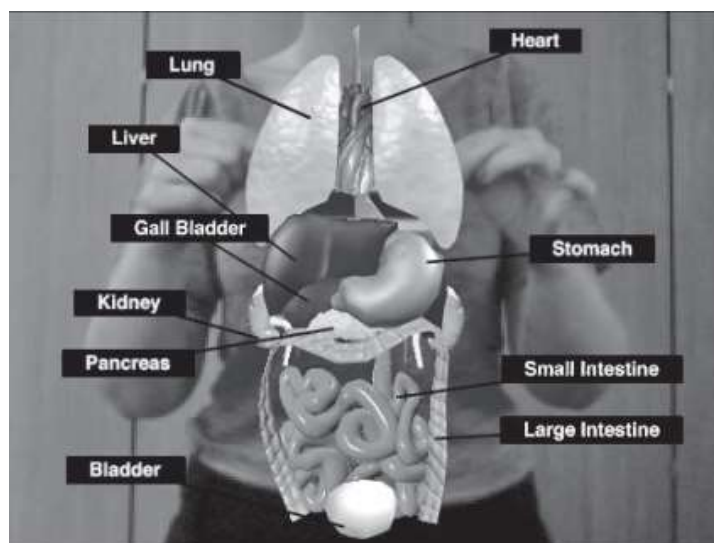
Sobre o aspecto demográfico, o continente asiático lidera no número de publicações de artigos científicos sobre o uso da RA nos processos educativos, contudo, essa ferramenta e o relacionamento com a área da educação estão sendo mundialmente difundidas e estudadas. A RA está presente em todas as esferas educativas e para todas as idades (ensino básico, superior, técnico). O uso da RA na educação permite uma perspectiva inovadora que traz a melhoria na qualidade de ensino, os alunos se interessam pela tecnologia e se sentem motivados a aprender, apesar da influência de aspectos negativos como a baixa oferta de dispositivos e o baixo investimento das escolas ou governo, as variáveis motivacionais são fortemente existentes pois a RA permite a aprendizagem de forma lúdica e mais interessante. Além disso, diversas áreas do conhecimento são beneficiadas com aplicativos de RA (Klettemberg, Tori e Huanca, 2021).

Stylianidou et al. (2020) argumentam sobre a importância do engajamento, da motivação e da participação dos alunos no processo de aprendizagem e afirmam que a utilização da realidade aumentada nos contextos educativos aumenta os níveis destes três fatores, o que melhora o nível de aprendizagem dos alunos, inclusive dos alunos com baixo desempenho. Para Cardoso et al. (2014), a RA torna a didática do ensino mais dinâmica e prazerosa, dando assim, uma diferenciação para os conteúdos pedagógicos.

A realidade aumentada pode aperfeiçoar as experiências de aprendizado usando objetos artificiais 3D para os alunos interagirem aumentando a percepção visual do objeto em estudo. Os alunos podem analisar o objeto 3D de várias perspectivas para um maior entendimento e compreensão (P. Chen et al., 2017; Arvanitis et al., 2007).

A RA pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo para o estudo da anatomia e estrutura do corpo em biologia, para estudar as moléculas em química e até para rever eventos importantes da história. Um exemplo de aplicação, é o fato de que o Specialist Schools and Academies Trust (SSAT) verificou que os professores poderiam fazer o uso da RA para mostrar quais órgãos compõem o corpo humano e como é a aparência deles, tudo isso por meio da apresentação de modelos 3D gerados por computador nas salas de aula (ambiente real) (Lee, 2012), conforme ilustração da Figura 16.

Figura 16 – Tecnologia AR aplicada à Biologia



Fonte: Specialist Schools and Academies Trust apud Lee (2012).

Kerawalla et al. (2006) citam como um exemplo de aplicação da RA no estudo da astronomia que dividido em duas partes: o ensino tradicional e a realidade aumentada. Na fase do ensino tradicional houve a leitura de um livro físico, explicação verbal sobre o sistema solar e uma apresentação utilizando objetos físicos (por exemplo, uma bola de tênis, uma corda e uma tocha). Na fase da RA, professores e alunos do usaram uma mistura de tecnologias (por exemplo, quadro branco, projetor, câmera da web, bloco AR e pacote de modelagem virtual 3D) para observar e manusear uma terra giratória 3D virtual para aprender sobre o sol, terra, o dia e a noite (H.K. Wu et al., 2013).

Para Chang, Morreale e Medicherla (2010), um aplicativo de RA chamado “Construção 3D” foi projetado para o ensino de matemática e geometria com modelos tridimensionais de construção geométrica (Kaufmann, 2006; Kaufmann e Schmalstieg, 2002).

Através deste aplicativo professores e alunos compartilham um espaço virtual para trabalhar de forma colaborativa de modo a construir formas geométricas, sendo possível que os usuários sobreponham imagens geradas pelo computador no ambiente real, conforme demonstrado na Figura 17.

Figura 17 – Estudantes utilizando o Construção 3D



Fonte: Kaufmann e Schmalstieg (2002) apud Lee (2012).

Não há dúvidas dos inúmeros benefícios da RA na educação, entre estes benefícios, pode-se destacar, ainda, a diminuição da ansiedade na aprendizagem de matemática. Conforme estudo realizado por Wangid, Rudyanto e Gunartati (2020), a aplicação de um livro em RA nas aulas de matemática traz efeitos positivos como a redução da ansiedade, problema que muitas vezes é uma barreira no processo de aprendizagem. A visualização 3D por meio da RA e a utilização de mídias e inovações influencia positivamente na diminuição da ansiedade dos alunos (Klettemberg et al., 2021).

Com base na análise da literatura, foram verificadas algumas dimensões e variáveis acerca do tema realidade na educação, pode-se citar como dimensão a qualidade do ensino que tem como objetivo avaliar a efetividade da aplicação do uso da RA na educação e possui como variáveis a adequação ao conteúdo, a metodologia de ensino, recursos físicos e a competência de professores e funcionários. Outras dimensões encontradas na literatura enfatizam o investimento em dispositivos e na capacitação do corpo docente, a primeira dimensão citada possui como variáveis o acesso à dispositivos adequados e a quantidade de alunos por aparelho, já para a segunda, pode-se mencionar

a existência de programas para treinamento e capacitação dos docentes (Parasuraman; Berry, 1990; Paulins, 2005; Klettemberg, Tori e Huanca, 2021).

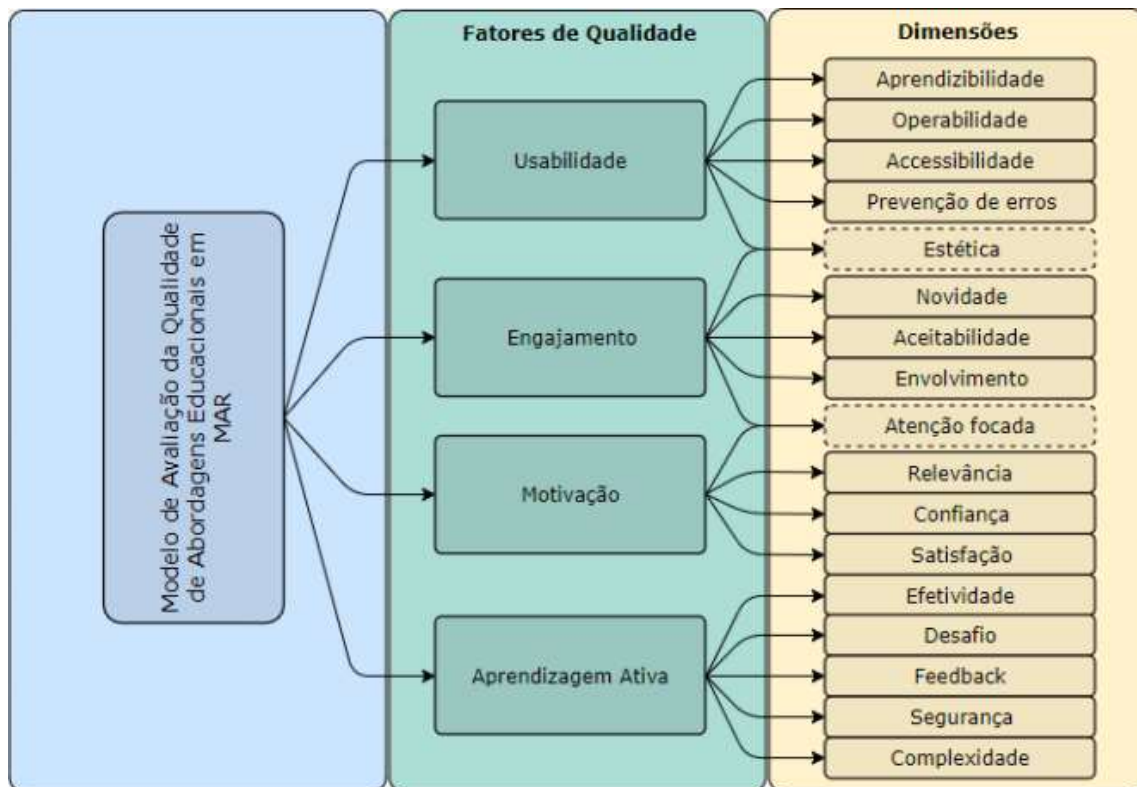
Além destas dimensões, foram encontradas, ainda, o engajamento e a motivação dos envolvidos no processo educativo, a aprendizagem ativa e a satisfação dos alunos. O engajamento tem como variáveis o nível de aceitabilidade e de envolvimento dos professores e alunos e o quanto estão interessados no processo educativo utilizando a RA, já na aprendizagem ativa evidencia-se na literatura como variáveis a efetividade, o desafio e o *feedback*. Por fim, a satisfação dos alunos é a dimensão que tem como variáveis as expectativas e percepções (Anderson; Fornell; Lehmann, 1992; Jacques, Preece e Carey, 1995; Hayes, 2001; Prince, 2004).

Herpich *et al.* (2019) apresentam um Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (*Evaluation model of Mobile Augmented Reality Educational Approaches - MAREEA*), este modelo visa analisar as abordagens educacionais em realidade aumentada móvel para medir a percepção da qualidade no que diz respeito à experiência de uso e à aprendizagem dos usuários após a interação com tais recursos no âmbito educacional, em outras palavras, este modelo tem como objetivo avaliar a percepção de qualidade da educação considerando a utilização da realidade aumentada através de dispositivos móveis.

O modelo MAREEA possui quatro fatores da avaliação, quais sejam: usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa. A usabilidade se refere ao quão intuitivo é para os usuários aprenderem a utilizar e interagir com um certo produto, ou seja, o quão simples é para uma pessoa utilizar um determinado sistema. O engajamento consiste na reação do usuário de forma a criar uma interação que traga resultados positivos como por exemplo a melhora na atenção, já a motivação diz respeito aos objetivos das pessoas e quão efetivamente estão dispostas a perseguir este objetivo. A aprendizagem ativa pode ser entendida como qualquer modelo instrucional que envolva ativamente os indivíduos no processo de aprendizagem, este modelo requer a realização de atividades e faz com que os sujeitos pensem sobre o que estão realizando (Keller, 1987; Jacques, Preece e Carey, 1995; Preece 2001; Prince, 2004; Herpich et al., 2019).

Todos estes fatores de qualidade para avaliação do uso da RA na educação definidos no modelo MAREEA e seus desdobramentos estão representados na Figura 18.

Figura 18 – Estrutura do modelo de avaliação MAREEA



Fonte: Herpich *et al.* (2019).

3 PERCURSO METODOLÓGICO

O presente estudo investigou a aplicação da realidade aumentada na educação sob o ponto de vista de discentes e docentes de Instituições de Ensino Superior no estado do Amazonas, isto posto, este capítulo descreverá os procedimentos metodológicos que nortearam o desenvolvimento da pesquisa.

De modo geral, a palavra pesquisa pode ser entendida como toda atividade que busca a solução de problemas, pode-se citar como exemplos as atividades de investigação, indagação e busca. Em outras palavras, pesquisa que é a atividade que, no âmbito da ciência, permite ao ser humano construir conhecimentos que os ajude na compreensão da realidade e oriente suas ações (De Pádua, 2019).

A pesquisa é um processo formal de pensamento que requer uma análise científica e visa descobrir respostas para questionamentos ou soluções para problemas determinados por meio da utilização de métodos científicos (Lakatos; Marconi, 2007). Ainda para Appolinário (2004), uma pesquisa pode ser conceituada como o processo pelo qual a ciência busca responder perguntas e solucionar problemas que lhe são apresentados, ou seja, é a investigação sistemática de um assunto pré-determinado com vistas a conseguir novas informações e/ou reorganizar as informações já existentes sobre o tema.

Para Achari (2014), a proposta de uma pesquisa científica é buscar respostas para certos questionamentos através da aplicação de métodos científicos. Uma pesquisa científica tem como principal objetivo encontrar a verdade que pode estar escondida ou oculta e que ainda não foi descoberta ou amplamente estudada. O autor ressalta ainda que cada estudo possui seus próprios objetivos específicos.

Os métodos de pesquisa são definidos como o conjunto de técnicas utilizadas pelo pesquisador durante a realização da pesquisa, já a metodologia de pesquisa se refere a como resolver sistematicamente o problema em questão e é caracterizada como uma ciência que estuda a ação científica. A Metodologia Científica está estritamente relacionada ao estudo crítico dos fatos, estudando os métodos melhores a serem utilizados e suas implicações (De Souza; Dos Santos; Dias, 2013; Devi, 2017).

Conforme preconizado por Ciribelli (2000), o pesquisador pode escolher qualquer método científico desde que este seja organizado em um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que possibilitem o alcance de um objetivo.

Desta forma, as técnicas utilizadas nesse estudo foram apresentadas nos seguintes tópicos: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa, procedimentos da pesquisa, método para a coleta de dados, análise dos resultados e operacionalização da pesquisa.

3.1 Natureza da Pesquisa

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como aplicada visto que busca resultados específicos com base em uma análise em Instituições de Ensino Superior. Pesquisas de natureza aplicada buscam produzir conhecimentos que devem ser utilizados de maneira prática de modo a solucionar problemas específicos e imediatos (Prodanov; Freitas, 2013; Cooper; Schindler, 2016).

Pesquisas aplicadas têm como motivação a resolução de problemas concretos, imediatos ou não e têm a finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura ou teórica que é motivada basicamente pela curiosidade intelectual (Appolinário, 2004; Chizzotti, 2018).

As pesquisas aplicadas baseiam-se em dados que podem ser coletados de diferentes maneiras como por exemplo, pesquisa de campo, entrevistas, gravações de áudio ou vídeo, pesquisas em laboratórios, questionários e entre outros (Nunan, 1997; Michel, 2005; Oliveira, 2007). Cabe destacar ainda, que pesquisas de natureza aplicada são as mais comuns nos cursos de engenharia de produção (Filippini; Voss, 1997 *apud* Miguel, 2007; Berto; Nakano, 2000).

3.2 Objetivos da Pesquisa

No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa tem caráter exploratório haja vista não terem sido encontradas na literatura pesquisas científicas que demonstrem de maneira ampla a aplicação da realidade aumentada em IES no estado do Amazonas.

Em um sentido amplo, a pesquisa exploratória é utilizada quando existe pouco conhecimento sobre determinado assunto e geralmente este tipo de estudo requer uma pesquisa de campo (Marion; Dias; Traldi, 2002). O objetivo deste tipo de pesquisa é descobrir informações iniciais de uma realidade para que se possa realizar deduções sobre

ela, e ainda, o aprimoramento de ideias e ratificação de intuições (Munaretto; Corrêa; Da Cunha, 2013).

Pesquisas exploratórias tem o objetivo de levantar informações sobre determinado objeto, facilitando a definição e escopo do tema em estudo. A pesquisa exploratória envolve: levantamento bibliográfico, entrevistas com os indivíduos que vivenciam o problema e a análise de casos que deem subsídios para o entendimento da situação (Gray, 2012; Prodanov; Freitas, 2013; Severino, 2017).

Flick (2009) e Gonçalves (2014) afirmam ainda que a pesquisa exploratória permite ao pesquisador a definição de diferentes critérios, métodos e técnicas para a realização do estudo, bem como possibilita uma combinação de métodos adequados para a solução dos problemas em questão.

3.3 Abordagem da Pesquisa

Quanto a abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, uma vez que, este estudo aprofundou a percepção sob a ótica de professores e discentes, da utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino.

A pesquisa qualitativa tem como objetivo o estudo e análise do ambiente com vistas a obtenção de conhecimentos adicionais. Este tipo de pesquisa tem como foco a análise de casos reais e leva em consideração as atividades dos sujeitos inseridas nesse cenário, diferentemente da pesquisa quantitativa que visa explicar um fenômeno a partir da definição de amostras e se apoia em cálculos para a análise dos resultados (Prodanov; Freitas, 2013; Pádua, 2019). Corroborando, Chizzotti (2018) cita que a pesquisa qualitativa utiliza a observação no meio natural para extrair informações sobre comportamentos ou práticas e envolve a coleta dos dados.

Uma preocupação da análise qualitativa é descrever o contexto estudado com o objetivo de explicar o atual cenário, fornecendo informações sobre o que está acontecendo no contexto específico, muitas vezes o que se busca escrever é uma situação nova ou pouco estudada (Gibbs, 2009). Para Mayring (2002), existem seis tipos de delineamento em uma pesquisa qualitativa, sendo eles: estudo de caso, pesquisa-ação, análise de documentos, pesquisa de campo, experimento qualitativo e avaliação qualitativa.

3.4 Procedimentos de Pesquisa

O procedimento metodológico utilizado para o atingimento dos objetivos foi o estudo de caso múltiplo. A proposta de investigação contempla, inicialmente, verificar a utilização da Realidade Aumentada em diversas Instituições de Ensino Superior localizadas no Estado do Amazonas.

O estudo de caso múltiplo trata-se de uma análise investigativa que busca o aprofundamento do objeto em estudo em unidades específicas, extraindo as informações pertinentes ao assunto estudado por meio da coleta de dados e entrevistas diretamente com os indivíduos (Prodanov; Freitas, 2013; Cooper; Schindler, 2016).

Para Severino (2017), um estudo de caso tem a finalidade de investigar um evento real em seu ambiente natural, onde é possível o pesquisador enxergar fenômenos de forma real e detalhada para que possa descrevê-los ou explicá-los. O estudo de caso pode ser classificado como único, quando é restrito apenas a uma unidade, ou múltiplo, quando é aplicado a uma ou mais unidades. Para a estruturação de um estudo de caso múltiplo, primeiramente é necessário fundamentar a teoria e a problematização para posteriormente expor os casos selecionados e os indicadores que embasarão a análise (Fonseca, 2012; Yin, 2015).

3.5 Método e Coleta de Dados

Para Fonseca (2012) a etapa de coleta de dados visa obter informações sobre o assunto estudado e suas respostas trarão dados fundamentais para o andamento da pesquisa.

Na etapa de coleta de dados foram realizadas entrevistas com roteiro semiestruturado, utilizando como base o Modelo de Avaliação de Abordagens Educacionais em Realidade Aumentada Móvel (Mareca), apresentado no tópico 2.4 do Referencial Teórico. Este modelo, que é um modelo de avaliação quantitativo, foi adaptado para dar suporte a construção de um modelo de avaliação qualitativo.

A entrevista semiestruturada é uma ferramenta vantajosa quando aplicada a pesquisas de abordagem qualitativa, desde que compreendido o papel do pesquisador e entrevistador, bem como seus objetivos, para uma análise confiável. Neste tipo de

entrevista, o entrevistador define um roteiro previamente, porém durante a condução pode haver uma flexibilização sendo permitido ao entrevistador sair do roteiro para que o entrevistado possa se pronunciar de maneira subjetiva sobre a questão exposta (Ludke; André, 2004; Dos Santos; De Jesus, Battisti, 2021).

Os sujeitos da pesquisa foram nove professores de seis instituições de ensino. Dentre essas seis instituições, três são públicas, e três são particulares. Além disso, foram incluídos na pesquisa quatro alunos, provenientes de três instituições de ensino, das quais duas são públicas e uma é particular. Para confirmação da anuência dos participantes foi aplicado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento previamente as entrevistas.

As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas, sendo resguardado o sigilo de informações sensíveis e a não identificação dos participantes. Para isso, a denominação dos respondentes aconteceu da seguinte maneira: a) professores: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 e P9; b) estudantes: E1, E2, E3 e E4.

3.6 Análise dos Resultados

Para analisar os resultados desta pesquisa foi utilizada a análise de conteúdo com o apoio da análise categorial, ambas propostas por Bardin (2016).

A análise de conteúdo é um compilado de técnicas de análise das comunicações que tem por finalidade a obtenção de procedimentos sistemáticos e objetivos que permitem a coleta e análise dos dados qualitativos, com o auxílio de instrumentos como por exemplos fichas catalográficas e softwares de criação de planilhas. Em outras palavras, a análise de conteúdo é uma técnica que auxilia na análise do que foi dito nas entrevistas ou o que foi percebido pelo pesquisador, todavia, destaca-se a essencialidade do rigor em sua utilização para que não haja incertezas durante a análise. Pode ser dividida em três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, inferências e interpretação (Bardin, 2016).

Na pré-análise foi realizada a organização e sistematização do trabalho para definir as ações a serem realizadas e os informações que subsidiaram a interpretação final. Na exploração do material, as informações coletadas nas entrevistas não-estruturadas com os professores e alunos foram tabuladas em ferramentas de processamento de texto, essa organização documental auxiliou no entendimento da percepção dos envolvidos quanto ao uso da realidade aumentada. Nessa fase, houve a classificação do material em

categorias agrupadas analogicamente que auxiliaram o entendimento das respostas, todo o material coletado foi dividido em unidades de registro. A análise categorial é a melhor opção quando se buscar estudar valores, opiniões, atitudes e crenças por meio de dados qualitativos (Silva; Fossá, 2015; Bardin, 2016).

Na última fase, que consiste no tratamento dos resultados, inferência e interpretação, foram obtidos os conteúdos aparentes ou não presentes em todo o material coletado (entrevistas). A análise comparativa ocorreu através da justaposição das diferentes categorias encontradas em cada análise, sendo observados aspectos semelhantes e resultados divergentes.

3.7 Operacionalização da Pesquisa

Tendo em vista que o objetivo principal da pesquisa é avaliar a utilização da realidade aumentada sob a perspectiva dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do Estado do Amazonas, a operacionalização da pesquisa ocorreu da seguinte maneira:

- Levantamento dos Indicadores acerca do objeto estudo;
- Adaptação do Modelo de Avaliação para uma pesquisa qualitativa;
- Realização das entrevistas semiestruturadas;
- Tabulação dos dados coletados;
- Categorização;
- Análise comparativa.

Os procedimentos metodológicos que conduziram a pesquisa ao atingimento dos resultados estão demonstrados resumidamente no Quadro 8.

Quadro 11 – Procedimentos Metodológicos

Objetivo Geral	Avaliar a utilização da realidade aumentada sob a perspectiva dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do estado do Amazonas.
Objetivo Específico 1	Identificar em que áreas do conhecimento a Realidade Aumentada é utilizada em IES localizadas no estado do Amazonas.
Objetivo Específico 2	Mensurar a percepção de discentes e docentes sobre a utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem.
Objetivo Específico 3	Comparar as percepções de discentes e docentes quanto a utilização da Realidade Aumentada no processo de ensino e aprendizagem.
Natureza da Pesquisa	Aplicada.
Objetivo da Pesquisa	Exploratória.
Abordagem da Pesquisa	Qualitativa.
Procedimentos da Pesquisa	Estudo de Caso Múltiplo.
Método para Coleta de Dados	Entrevistas Semiestruturadas.
Análise dos Resultados	Análise de Conteúdo; Categorização.
Operacionalização da Pesquisa	Levantamento dos Indicadores acerca do objeto estudo; Adaptação do Modelo de Avaliação para uma pesquisa qualitativa; Realização das entrevistas semiestruturadas; Tabulação dos dados coletados; Categorização; Análise comparativa.

Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos locais objeto deste estudo

As citações e referências extraídas durante a coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas não serão identificadas para preservar a confidencialidade dos discentes e docentes objeto desta pesquisa e suas respectivas instituições, haja vista que no Capítulo da Metodologia da pesquisa houve o compromisso de identificar os entrevistados apenas como P1, P2 (professor 1, professor 2...) e E1, E2 (estudante 1, estudante 2...) para não haver qualquer exposição acerca da identificação do entrevistado que contribuiu com esta pesquisa ou de sua instituição. Desta forma, o TCLE apresentado aos entrevistados seguiu esta nomenclatura definida previamente. A figura 19 demonstra a distribuição de professores e alunos de acordo com o número de instituições.

Figura 19 – Caracterização do objeto da pesquisa



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Com o intuito de aprofundar a análise dos resultados e atender aos objetivos específicos desta investigação, procedeu-se à contagem dos cursos nos quais se identificou a efetiva utilização da Realidade Aumentada, apresentados na Figura 20.

Figura 20 – Categorização dos entrevistados por curso



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Observa-se que os cursos predominantes identificados se situam nas esferas da engenharia e da tecnologia. Nesse contexto, cabe ressaltar que, entre esses cursos, todos eram de nível de graduação, com a exceção da Engenharia Mecânica, que congregava uma turma de pós-doutorado.

4.2 Análise de Conteúdo das Entrevistas

A condução das entrevistas teve como propósito a análise mais aprofundada das percepções de docentes e alunos acerca da utilização da realidade aumentada no contexto da educação superior, desta forma, foi realizada a partir da consideração das variáveis que podem subsidiar as conclusões, apresentadas pelo Modelo MAREEA, já demonstrado neste estudo. Após a transcrição das entrevistas os dados foram estruturados com base nas técnicas delineadas por Bardin (2016) para que houvesse uma interpretação das percepções e compreensões dos entrevistados, levando em consideração a revisão da literatura realizada.

4.2.1 Aprendizibilidade

Nesse sentido, tem-se a consideração a respeito da dimensão aprendizibilidade, cujas respostas indicaram que o nível de dificuldade para usar um aplicativo de realidade aumentada varia de acordo com o perfil do usuário e do aplicativo em questão, conforme relatos apresentados a seguir.

E1: “Acho que o nível de dificuldade para aprender a usar um aplicativo de realidade aumentada depende do grau de familiaridade que a pessoa já tem com tecnologia. Para mim, que tenho experiência com smartphones e aplicativos, não foi muito difícil de me adaptar. Mas acredito que para quem não está tão acostumado com dispositivos móveis, pode ser necessário um treinamento básico para se sentir apto a usar”.

E2: “A ferramenta não foi difícil de utilizar, bastava baixar o aplicativo e configurar. A maior problemática era relacionada ao tamanho da tela, se fosse muito pequeno ficava difícil selecionar as opções desejadas facilmente, mas o nível de preparação é baixo. Muita coisa se descobre com curiosidade a medida que se usa o aplicativo, mas para funções mais específicas um tutorial resolveria”.

P1: “Eu vou falar em relação a mim, eu não tive dificuldade, até mesmo porque eu desenvolvo os aplicativos, como eu sou dessa área da computação, eu não tive dificuldade. Eu acho que até para os alunos, assim, quando eu passei para eles, eles não tinham dificuldade”.

A análise de conteúdo, de acordo com Bardin (2016), implica na categorização e interpretação dos segmentos das entrevistas com o propósito de discernir padrões e temas subjacentes. Sob esta perspectiva, no caso do participante E1, os temas que emergem compreendem a familiaridade com a tecnologia, visto que o grau de experiência exerce influência sobre a facilidade de assimilação; a adaptação, que pode variar de indivíduo para indivíduo; e, por fim, a necessidade de treinamento básico, uma vez que, para alguns, a realização de um treinamento inicial pode se apresentar como indispensável.

No que concerne ao participante E2, merece destaque a consideração da usabilidade geral, haja vista que, em sua perspectiva, a ferramenta em si não se revela de difícil manipulação. Ademais, ele abordou os desafios inerentes à usabilidade, como as questões relacionadas ao tamanho da tela e à seleção de opções, e ressaltou o aprendizado

exploratório, salientando que muitos aspectos são descobertos durante a interação com a tecnologia, enfatizando, assim, a relevância da curiosidade. Além disso, ele enfatizou a utilidade de tutoriais voltados para funcionalidades específicas.

Por sua vez, o participante P1 trouxe à tona como temas preponderantes a experiência na área de computação, o que se traduz em uma facilidade no processo de aprendizado, bem como a facilidade de uso para os alunos.

Os trechos evidenciam que, para usuários com conhecimento técnico, tais como desenvolvedores e indivíduos pertencentes à área de computação, o grau de complexidade revela-se relativamente reduzido, similarmente àqueles que possuem certo grau de familiaridade com aplicativos em geral. Este cenário advém de sua exposição prévia a conceitos relacionados à programação, interfaces e dispositivos móveis. Para os usuários sem conhecimento técnico, por outro lado, a dificuldade pode ser um pouco maior.

No entanto, ainda é possível adquirir habilidades na utilização de um aplicativo de Realidade Aumentada com um mínimo de prática. A curiosidade e a descoberta durante o uso são destacadas, mas também é reconhecida a utilidade de tutoriais para funções mais específicas e a usabilidade geral da ferramenta varia de acordo alguns desafios específicos mencionados.

Segundo Mena-Vargas et al. (2019), embora o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada para aprendizagem já seja conhecido, normalmente existe um déficit na construção deste tipo de aplicações devido ao desconhecimento das técnicas de desenvolvimento. Em muitas instituições não existem professores com conhecimentos em programação para o desenvolvimento de RA e para implementá-la nas salas de aula. Além disso, os custos para o desenvolvimento desses aplicativos geralmente são elevados, sendo representativos para as escolas.

É possível afirmar que os aplicativos de Realidade Aumentada tendem a apresentar um caráter intuitivo. Eles costumam disponibilizar instruções claras e um guia passo a passo que facilitam o processo de aprendizado. Ademais, é relevante observar que o grau de complexidade pode oscilar em função das características intrínsecas a cada aplicativo. Alguns aplicativos são mais simples e exigem menos conhecimento do usuário, enquanto outros são mais complexos e podem exigir mais treinamento. Com base nas respostas, pode-se inferir que o nível de dificuldade para usar um aplicativo de RA é proporcional ao conhecimento técnico dos usuários.

Essa inserção recente pode justificar a dificuldade apresentada por alguns usuários e, nesse sentido, Cipresso et al. (2018) consideram que a realidade aumentada é uma tecnologia mais recente que a realidade virtual e apresenta um quadro de aplicação interdisciplinar, no qual, hoje em dia, a educação e a aprendizagem parecem ser o principal campo de investigação.

De modo geral, a RA busca integrar e expandir digitalmente o ambiente físico ou o mundo do usuário, em tempo real, adicionando camadas de informação digital. Esta integração pode ser aplicada a diversas tecnologias de exibição capazes de sobrepor ou combinar informações (Arena et al., 2022).

4.2.2 Operabilidade

Uma questão apresentada ao público entrevistado referiu-se à variável operabilidade, com vistas a investigar como o usuário se sentiu em relação à operacionalização/manuseio deste tipo de aplicativo.

As respostas apresentadas sugerem que a forma de usar aplicativos de Realidade Aumentada é considerada, em geral, como intuitiva e simples. No entanto, alguns usuários ressaltam que treinamentos e tutorias podem ser úteis para públicos que não são familiarizados com a tecnologia, ilustrada nos trechos a seguir.

E3: “É fácil manusear, eu achava bem empolgante, gostei da interação com o ambiente real e das possibilidades que a tecnologia oferece”.

P4: “Eu acho algo muito interessante a forma de manusear, só que acho deve-se ter treinamentos e tutorias, principalmente para públicos que não são familiarizados com a tecnologia. Eu me senti familiarizado por já possuir experiências com uso de aplicativos desse tipo de aplicativo”.

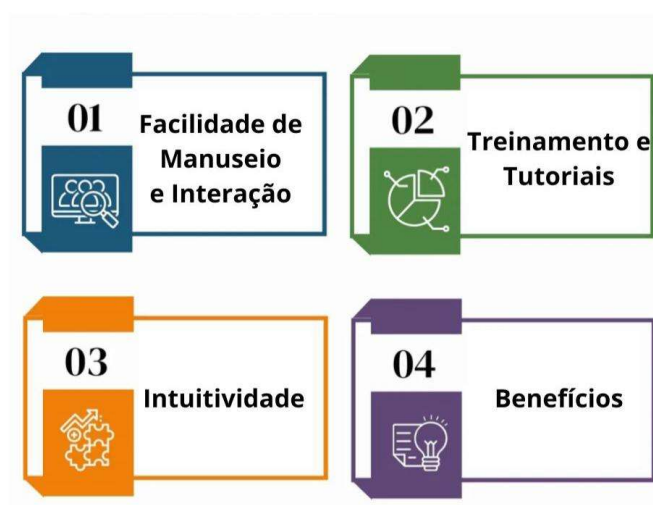
P8: “Essa questão da operabilidade era tranquila, sem dificuldade nenhuma”.

P5: “Não, é muito intuitivo. Ele só abre a câmera e para”.

P6: "O aplicativo é complexo. Não tem como negar. Mas os resultados com o aplicativo são muito melhores do que na modalidade tradicional".

A análise dos segmentos das entrevistas delinea os elementos preponderantes, conforme demonstrado na Figura 21: a facilidade inerente à manipulação e à interação com a tecnologia; a necessidade de treinamento e tutoriais para melhorar a acessibilidade e a compreensão, apesar da RA ser vista como de fácil operacionalização; a intuitividade; e os benefícios, pois mesmo quando a complexidade é reconhecida, a tecnologia é considerada valiosa devido aos ganhos que oferece.

Figura 21 - Avaliação sobre operabilidade de ferramentas de RA



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

A resposta do entrevistado P4 é um exemplo de uma opinião que defende a imperatividade de implementação de treinamentos e orientações específicas para usuários iniciantes. Outras respostas refletiram percepções bastante homogêneas, com opiniões que defendem a simplicidade da forma de manusear os aplicativos. Os autores destas respostas sustentam a perspectiva de que a única ação exigida consiste em direcionar a câmera do dispositivo móvel para o objeto ou ambiente almejado, desta forma, acreditam que os aplicativos apresentam facilidade de utilização.

Em contrapartida, a resposta do entrevistado P6 é um exemplo de uma opinião que defende a complexidade dos aplicativos. Outros exemplos referem-se à utilidade da Realidade Aumentada para a educação, desde que o professor tenha a metodologia certa e fazer os testes necessários para garantir o sucesso da ferramenta.

A resposta do entrevistado P9 que "achou tranquilo o manuseio da ferramenta" é um exemplo de uma opinião que defende a simplicidade da forma de manusear os aplicativos. O autor da resposta acredita que o manuseio da ferramenta foi tranquilo e que não foi necessário nenhum treinamento ou tutorial. Em geral, as respostas apresentadas são positivas em relação à forma de usar aplicativos de Realidade Aumentada.

4.2.3 Acessibilidade

Outra variável prospectada nas entrevistas refere-se à acessibilidade, de forma a saber o quão difícil foi para os usuários entenderem a interface e a linguagem das ferramentas.

P2: “A familiaridade deles foi bem tranquila, inclusive eles desenvolveram alguns projetos bem interessantes”.

P3: “Então, a interface dela é muito bem-feita, contendo os manuais e tal. Contudo, ela é cheia de termos técnicos. Esses termos técnicos são por conta da quantidade de ferramentas e opções que ela te dá. Então, a interface era bem bonita, era de fácil entendimento e compreensão. Contudo, tinha alguns termos técnicos que quem é da área iria entender. Fora o help, né? O help estava bem visível para uso. Então, a interação eu achei ela bem simples e tranquila de ser autoguiada”.

P4: “Para mim, o mais difícil é conseguir diferenciar o real do virtual no aplicativo, pois às vezes, como as coisas são mostradas, podem nos confundir. Mas sobre a interface, pelo menos os aplicativos que já tive a oportunidade de usar, achei satisfatórios”.

E2: O design era bem grosseiro, mas como a linguagem era simples, deu pra usar de forma tranquila. Posso dizer assim, que a linguagem era clara. O design/interface era simples, porque bastava apontar a câmera pro módulo que tínhamos a realidade aumentada na tela. No entanto, era necessário ter um guia ou manual pra seguir de forma adequada.

P7: “Ele tem um tutorial. Ele tem um passo a passo para o professor e para os alunos se torna fácil porque a gente já vai dar as peças para eles. Como eu falei, impresso, bonitinho”.

P8: “Foi difícil, achei a interface difícil e a linguagem também”.

A análise das respostas sugere que a dificuldade para entender a interface e a linguagem das ferramentas de Realidade Aumentada varia de acordo com o usuário, o

tipo de ferramenta e o contexto de uso. Em geral, as interfaces das ferramentas de Realidade Aumentada são intuitivas e fáceis de entender.

No entanto, algumas ferramentas podem apresentar termos técnicos que podem dificultar a compreensão de usuários que não são da área. A linguagem também pode ser um desafio para alguns usuários, pois algumas ferramentas usam linguagem técnica ou complexa, o que pode dificultar a compreensão de alguns usuários. A familiaridade dos usuários com as ferramentas de Realidade Aumentada pode facilitar a compreensão da interface e da linguagem, melhorando a avaliação do fator acessibilidade.

Um dos usuários relata que os alunos com quem trabalhou desenvolveram projetos bem interessantes, o que sugere que eles entenderam as ferramentas de forma suficiente para usá-las de forma criativa. O tipo de ferramenta também pode influenciar a dificuldade de compreensão. Um dos relatos indicou que a interface de uma ferramenta industrial é pautada por grande volume de termos técnicos. A forma como se processa o uso também pode influenciar a dificuldade de compreensão, sendo mais difícil diferenciar o real do virtual no aplicativo.

A análise de conteúdo revela percepções distintas relacionadas à interface e ao uso da tecnologia, verifica-se que as ferramentas podem ser consideradas mais ou menos acessíveis, a depender do conhecimento do usuário e do aplicativo em uso. Desta maneira, foi possível identificar as principais facilidades e desafios relacionados a dimensão “acessibilidade”, conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 12 - Facilidades e desafios sobre acessibilidade de ferramentas de RA
(continua)

FACILIDADES	CONSIDERAÇÕES
Facilidade de uso com tutorial	P7 e E2 destacam a presença de um tutorial no aplicativo, que facilita a compreensão para usuários. A disponibilidade de um tutorial é considerada positiva para tornar o aplicativo mais acessível.
Interface amigável e compreensível	P3 descreve a interface do aplicativo como bem-feita, com manuais disponíveis. A interface é considerada bonita, de fácil compreensão. Isso sugere que a interface do aplicativo foi projetada para ser acessível e autoguiada, mesmo que contenha alguns termos técnicos.
DESAFIOS	CONSIDERAÇÕES

Quadro 13 - Facilidades e desafios sobre acessibilidade de ferramentas de RA
(conclusão)

Diferenciação do real e do virtual	P4 menciona a dificuldade em diferenciar o real do virtual no aplicativo, sugerindo que a representação virtual pode causar confusão. Isso indica a importância de uma representação clara e precisa na RA para evitar confusões.
Interface grosseira	E2 afirma que a interface da ferramenta era grosseira, mas simples.
Termos Técnicos	P3 destaca que a presença de termos técnicos no aplicativo pode dificultar o entendimento para pessoas que não estão familiarizadas com a área. Essa é uma preocupação relevante, pois pode limitar a acessibilidade da RA a um público mais amplo.

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Segundo Akçayir e Akçayir (2017), a tecnologia é mais acessível, pois não requer mais hardwares caros ou equipamentos sofisticados, destacando, portanto, o contexto favorável para a adoção da realidade aumentada no processo educacional. Porém, estudos indicam que a RA ainda não é amplamente adotada na educação (Dunleavy et. al., 2009).

4.2.4 Prevenção de Erros

A prevenção de erros trata-se de uma dimensão também indicada no modelo MAREEA, essencial à compreensão a respeito da utilização dos aplicativos de realidade virtual. Ou seja, dimensão ligada ao fator usabilidade, cujas percepções são relatadas nos fragmentos de discurso a seguir.

E2: “Sim, pensando em cada indivíduo, que tem um jeito próprio de aprendizado. Eu acho que a realidade aumentada pode ser uma ferramenta que iria ampliar os métodos de ensino, deixando o aprendizado mais ativo”.

P9: “Sim, em muitos cenários a realidade aumentada pode trazer benefícios, mas não é a solução para tudo, acho que é importante saber quando usar, às vezes, dependendo do conteúdo, da turma e do objetivo da aula, será melhor não usar esse tipo de ferramenta e é essa diferenciação que o professor tem que saber fazer. Às vezes usar essas ferramentas ajuda a prevenir erros, às vezes não”.

P3: “Sim, e ajuda principalmente na indicação, né? Inclusive, eu tive a oportunidade de ver algumas aplicações de realidade

umentada dentro do processo Fabril. De modo que o usuário tinha a possibilidade, tanto utilizando óculos quanto utilizando *tablet* e a câmera do *tablet* para a realização de procedimentos, consulta de procedimentos e até informações, né? Observações, informações dentro do perfil. E isso, sim, mitiga bastante a quantidade de erros por parte humana”.

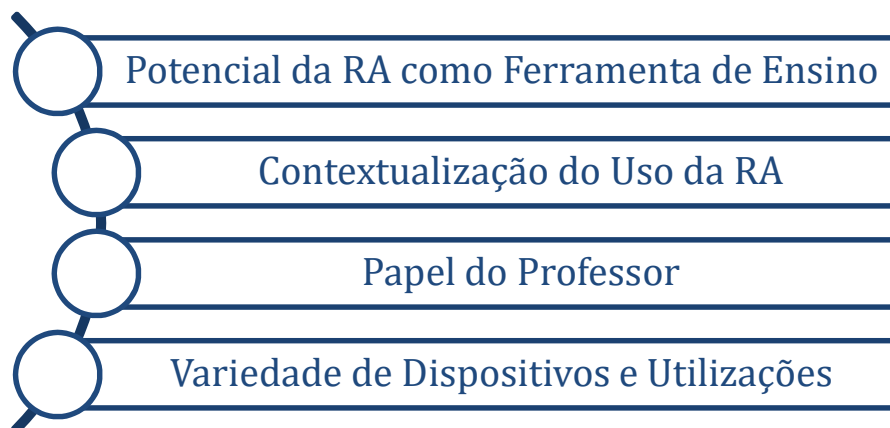
A análise dos extratos desvenda a diversidade de perspectivas dos entrevistados em relação à Realidade Aumentada. Enquanto E2 identifica seu potencial para aprimorar o cenário educacional, P9 enfatiza a importância de situar seu uso no contexto da sala de aula, realçando o papel central do docente como avaliador da pertinência da adoção desta tecnologia. Adicionalmente, P3 destaca a sua relevância na mitigação de erros em ambientes industriais. Essas percepções refletem a complexidade da implementação da realidade aumentada, destacando a necessidade de uma abordagem informada e cuidadosa ao utilizar essa tecnologia em diferentes contextos.

A RA pode ajudar os alunos a visualizar conceitos abstratos de forma mais concreta, o que facilita a assimilação do conhecimento e, conseqüentemente, a redução de erros. Por exemplo, um aluno que está aprendendo sobre uma estrutura microscópica pode usar a RA para visualizar um modelo 3D dessa estrutura, o que pode ajudá-lo a compreender melhor o conceito.

Ademais, a Realidade Aumentada pode ser empregada com o propósito de prover uma resposta imediata aos estudantes, o que, por sua vez, pode propiciar uma correção célere de equívocos. Por exemplo, um discente que se dedica à resolução de um problema matemático pode recorrer à Realidade Aumentada para obter um retorno acerca de seus cálculos, o que pode viabilizar a detecção e a retificação de incorreções.

A análise dos trechos apresentados sugere que a RA pode ter um papel importante na prevenção de erros no ensino, principalmente no que diz respeito à visualização de conceitos abstratos. Desta forma, destaca-se como principais pontos identificados a importância do papel do professor, a contextualização do uso, a possibilidade de aplicação em diversos dispositivos e o potencial da RA como ferramenta de ensino. Os temas relevantes para a prevenção de erros no processo educativo com o uso da RA estão ilustrados na Figura 22.

Figura 22 - Temas relevantes na prevenção de erros



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Entretanto, é imperativo sublinhar que a Realidade Aumentada não se configura como uma solução para todas as questões educacionais, devendo ser utilizada de maneira complementar ao ensino tradicional e não como um substituto deste. Adicionalmente, é de suma relevância que os docentes sejam capacitados de maneira eficaz para a aplicação adequada da Realidade Aumentada.

4.2.5 Estética

No que tange a estética dos aplicativos de RA foi discutida a partir da investigação sobre como os entrevistados avaliam o design/interface dos aplicativos de RA que já utilizaram. A importância dos aspectos estéticos deriva, entre outros pontos, também da relevância da acessibilidade e da aprendizibilidade, bem como da operabilidade, considerando que uma aparência ou design condizentes com a proposta destes recursos pode contribuir sobremaneira para o interesse dos usuários, conforme relatos apresentados a seguir.

E1: “Olha, pra mim, acho que a interface desses aplicativos é até organizada, não posso dizer que achei muito atraente... bonita, mas julgo que é boa porque entrega o que tem que entregar”.

P6: “É bem, como eu posso fazer... para falar pra ti. Não tem um bom acabamento, né? Mesmo porque quem cria os cenários são os

professores. Então, é difícil você ter muitas habilidades de design para desenvolver um bom conteúdo acadêmico”.

O entrevistado E1 menciona que a interface dos aplicativos é organizada, mas não necessariamente atraente, esta afirmação sugere uma distinção entre a organização funcional da interface e sua estética visual. De modo congruente, P6 expressa a opinião de que os aplicativos não têm um bom acabamento estético, o que denota os desafios inerentes à concepção de conteúdo dotado de atratividade visual.

É possível verificar que ambos os entrevistados estão mais preocupados com a organização e eficácia funcional dos aplicativos de realidade aumentada voltados para a educação do que com sua estética visual. Isso pode refletir a priorização do conteúdo acadêmico sobre o design estético na criação desses aplicativos, possivelmente devido às limitações das habilidades de design dos professores envolvidos no desenvolvimento dessas ferramentas.

Nesse contexto, compreende-se que nos sistemas de RA, há uma variedade de interações inteligentes, incluindo interações de dispositivos de hardware, interações de localização, baseadas em *tags* ou outras interações baseadas em informações. Com o desenvolvimento desta tecnologia, a realidade aumentada não apenas sobrepõe informações virtuais a cenas reais, mas também realiza a interação entre pessoas e objetos virtuais em cenas reais. Essa interação é baseada no fato de que as pessoas dão instruções específicas ao objeto virtual na cena, e o objeto virtual pode fazer algum feedback, permitindo assim que o público do aplicativo de realidade aumentada obtenha uma melhor experiência (Chen et al., 2019).

4.2.6 Aceitabilidade

Prosseguindo, a questão da aceitabilidade do aplicativo foi abordada mediante a investigação dos aspectos favoráveis e desfavoráveis percebidos após a implementação da Realidade Aumentada no processo de ensino-aprendizagem.

E2: “O ponto forte é a praticidade para visualizar ferramentas, e o funcionamento de algo. E de ponto fraco eu acho que a necessidade de recursos financeiros, de construção. No sentido de que pra cada área eu teria q ter uma elaboração diferente, e cada área teria vários

tópicos e tal, que precisariam ser pensados e construídos pra depois serem usados no ensino”.

P6: “Os fracos é a instabilidade do funcionamento. E o outro é da operabilidade dele, são os dois pontos mais fracos. E ponto forte é a compreensão do conteúdo. E também, uma coisa que eu tenho provas para falar sobre isso, é da atenção conjunta”.

P8: “De ponto forte eu posso citar essa aprendizagem ativa, que os alunos precisam colocar em prática o que aprendem e explorar a ferramenta. Olha eles podem ver modelos tridimensionais, podem interagir com os objetos virtuais e visualizar processos complexos de uma forma mais clara. Sim, tem, acho que um deles é a falta de costume de alguns alunos e professores com a tecnologia. Às vezes nem todo mundo que tá na turma é familiarizado com esse tipo de aplicativo, e isso que exige um tempo inicial para orientar eles e garantir que todos fiquem confortáveis né, com o modelo da aula”.

As respostas para esta variável apontam entre os pontos fortes a aprendizagem ativa, permitindo que os alunos interajam com o conteúdo de forma mais dinâmica e envolvente, o que pode levar a uma melhor compreensão e retenção do conhecimento e também a melhoria da atenção conjunta. Tem-se, inclusive, a personalização do aprendizado, considerando que a RA pode ser adaptada às necessidades e interesses individuais dos alunos, o que pode tornar o aprendizado mais significativo.

Quanto aos pontos fracos, as entrevistas destacaram que a RA ainda é uma tecnologia relativamente nova e, portanto, pode ser onerosa para adquirir e implementar, além da familiaridade, já que os alunos e professores podem não estar familiarizados com a tecnologia, o que pode exigir treinamento e suporte. As limitações técnicas implicam que a RA pode ser limitada por fatores como a disponibilidade de dispositivos compatíveis e a qualidade da conectividade à internet. A análise dessas respostas revela que a RA tem o potencial de ser uma ferramenta poderosa para o ensino e aprendizagem. No entanto, é importante estar ciente dos seus pontos fracos para que a tecnologia possa ser utilizada com eficácia quanto ao cumprimento de seus objetivos. O Quadro 10 apresenta os principais pontos positivos e negativos encontrados.

Quadro 14 - Avaliação da variável aceitabilidade

	E2	P6	P8
PONTOS FORTES	Praticidade na visualização.	Compreensão do conteúdo; Atenção conjunta.	Aprendizagem ativa; Visualização de modelos tridimensionais; Interação com objetos virtuais; e Visualização de processos complexos.
PONTOS FRACOS	Necessidade de recursos financeiros; Complexidade na elaboração específica para cada área.	Instabilidade do funcionamento; Problemas de operabilidade.	Falta de costume com a tecnologia; Necessidade de orientação inicial

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

A prospecção a respeito da aceitabilidade dos aplicativos de RA, de acordo com a percepção dos entrevistados, foi realizada também a partir da investigação sobre de que maneira as simulações de aplicativos de Realidade Aumentada auxiliaram na aprendizagem teórica e prática, na percepção dos entrevistados.

E4: “Como aluna de engenharia de produção, vejo que aplicativos de realidade aumentada podem ajudar tanto na parte teórica quanto prática, porque eles permitem a gente a fazer simulações e visualizar objetos em 3D e treinar em máquinas virtuais, fora que muitas vezes basta você ter um celular com internet para visualizar um processo complexo. Então eu acho que de muitas maneiras essa utilização facilita o aprendizado”.

As respostas destacam as contribuições da tecnologia para o processo de ensino-aprendizagem no campo da acessibilidade, pois a Realidade Aumentada pode ser acessada por meio de dispositivos móveis, que são amplamente difundidos na população. Isso torna a tecnologia acessível a um grande número de alunos, independentemente de sua condição socioeconômica ou localização geográfica. A visualização também se mostrou relevante para os entrevistados, já que a RA permite a visualização de objetos virtuais em contato com o mundo real.

Jo e Kim (2019) afirmam que no ambiente escolar, as tecnologias de RA podem ajudar os alunos a compreender melhor alguns conceitos técnicos. Por exemplo, através da utilização de smartphones simples equipados com aplicações RA, toda a estrutura do corpo humano ou a estrutura molecular de um agente químico, ou mesmo a estrutura do sistema solar.

As respostas trazidas pelas entrevistas realizadas no presente trabalho indicaram também, ainda a respeito da contribuição à prática, que a RA pode ser usada para simular experiências práticas que seriam difíceis ou impossíveis de realizar no mundo real. Isso pode ser útil para disciplinas que exigem habilidades motoras ou cognitivas específicas, como engenharia, medicina ou música.

P7 enfatiza a importância da visualização e da aprendizagem prática na utilização da RA para o ensino e afirma que a RA é uma ferramenta eficaz para "fazer a parte de visualização" e "aprendizagem prática". Todavia, P7 também reconhece algumas das limitações da RA para o ensino, como o custo de desenvolvimento de aplicativos e a necessidade de que os professores estejam familiarizados com a tecnologia. No entanto, argumenta que os benefícios da RA superam esses desafios.

4.2.7 Envolvimento

O envolvimento foi outra categoria analisada, sendo empregado o enunciado “descreva como se sente em relação a sua participação e envolvimento durante as práticas de realidade aumentada”. As respostas indicam que a realidade aumentada é uma ferramenta que pode melhorar o engajamento dos alunos em sala de aula. Uma das respostas, de um professor, afirma que houve uma melhora no engajamento dos alunos após a adoção da realidade aumentada. O professor atribui essa melhora a vários fatores, incluindo o fato de que os alunos estão familiarizados com as tecnologias digitais e que a realidade aumentada permite uma interação mais imersiva com o conteúdo, conforme relatos apresentados a seguir.

P3: “Na minha opinião, houve uma melhora de engajamento, né? Principalmente é uma geração que ela está ligada na internet, né? Tem a internet como uma fonte de recursos de aprendizado. Então, não tem como dissociar o aprendizado da internet por sua vez das tecnologias que assistem a esse ponto. E a realidade aumentada

vem como uma tecnologia que assiste à educação com o uso concorrente da internet”.

E1: “Eu já sou um aluno participativo, mas acho que as simulações de realidade aumentada melhoram sim o engajamento, acredito que a experiência com essa tecnologia traz uma imersão legal que faz a gente querer participar mais atividades e contribuir com as discussões colocadas na sala de aula... me sinto parte do processo”.

A fala de E1 indica que a realidade aumentada pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar o engajamento dos alunos, mesmo quando eles já têm um perfil participativo. O aluno afirma que a experiência com a realidade aumentada é imersiva e motivadora, o que o leva a querer participar mais atividades e contribuir com as discussões. De modo geral, as respostas indicam que a realidade aumentada é uma ferramenta que pode ser usada para melhorar o engajamento dos alunos em sala de aula. A tecnologia permite uma interação mais imersiva com o conteúdo, o que pode ser motivador para os alunos e pode contribuir para o seu aprendizado.

4.2.8 Novidade

A Realidade Aumentada representa uma inovação e, como tal, pode suscitar percepções variadas por parte dos usuários, alunos e professores, a respeito de sua utilização. A variável “novidade” indicou que estes aplicativos melhoram a disponibilidade de recursos para os alunos, facilitando o acesso aos conteúdos de forma aprimorada. No entanto, é importante considerar o segmento educacional em que a tecnologia será aplicada, pois a forma como é utilizada pode afetar o foco dos alunos. A principal novidade da realidade aumentada é a possibilidade de visualização e imersão, tornando as aulas mais dinâmicas e colaborativas. Além disso, a interação entre o ambiente real e o virtual é uma característica marcante dessa tecnologia.

E2: “Acho que a principal novidade é a dinâmica ao mostrar funcionalidades de uma planta industrial. Porque ao invés de apresentar figuras do sistema em um Power Point é possível ficar de frente para o sistema com um celular e visualizar os componentes sem precisar abrir ou por imediatamente em funcionamento”.

E4: “Hum.... Acho que a visualização, a interação do ambiente real com o ambiente virtual”.

Sobre a inovação, E2 afirma que a principal novidade é a dinâmica ao mostrar funcionalidades de uma planta industrial, não apresentando figuras do sistema em um Power Point, mas, possibilitando a observação do sistema com uso do smartphone e visualizando os componentes, sem precisar abrir ou por imediatamente em funcionamento. Trata-se da imersão como componente evidenciado pelo aluno na resposta, sendo essa uma variável que se encontra intrínseca também a outras respostas apresentadas.

Nesse sentido, Arena et al. (2022) afirmam que a funcionalidade básica da AR consiste em criar links, diretos ou acionados pela interação do usuário com o dispositivo, entre o mundo real e as informações geradas por um dispositivo ou informações eletrônicas. Esta circunstância fornece uma interface para o usuário de um mundo físico eletronicamente aprimorado.

Com a tecnologia RA, os alunos podem anotar objetos do mundo real, aprender conceitos científicos no rico contexto de um ambiente real e se envolver na aprendizagem de ciências com a interação (Jiang et al., 2021). Nesse contexto, discute-se a importância de que os educandos apresentem interesse pelo conteúdo a ser investigado, sendo necessária a atenção focada.

4.2.9 Atenção Focada

A atenção focada, que é um elemento relevante em todas as áreas do ensino, foi abordada ao investigar como os usuários se sentiam ao usar utilizar ferramentas de RA durante o processo de ensino-aprendizagem. As respostas evidenciam que a Realidade Aumentada pode exercer um efeito positivo sobre a capacidade de manter a atenção concentrada dos alunos. Entretanto, convém destacar que esse impacto é suscetível de ser influenciado por diversos fatores, a exemplo da metodologia de ensino adotada, o conteúdo abordado e o grau de engajamento dos discentes.

E3: “Acredito que sim, assim né, lá no laboratório tem poucos alunos, então a gente sempre é muito participativo. Mas eu acho que melhora também a atenção, a depender da pessoa, do humor dela, do conteúdo que tá sendo estudado. Mas normalmente as

aulas com tecnologias ativas ajudam os alunos a se envolverem mais, eu pelo menos me sinto mais por dentro da aula quando é assim do que quando é só teoria”.

P8: “Olha, essa questão de prender a atenção é muito relativa, né. A gente como professor tem que saber montar um plano de aula e saber que tipo de conteúdo se encaixa na realidade aumentada, eu gosto de deixar claro para os alunos o que vamos estudar e quais os objetivos daquele tema. Mas essa questão da atenção focada costuma melhorar em aulas onde os alunos participam de forma mais ativa, mas não é 100% garantido que todos vão manter a atenção durante toda a aula só porque estamos usando a realidade aumentada, entende?”.

Quanto à metodologia de ensino, a RA pode ser usada para criar aulas mais dinâmicas e envolventes, o que pode ajudar a manter a atenção dos alunos. Por exemplo, um professor pode usar a RA para criar um jogo ou uma atividade interativa, ou para apresentar um conteúdo de forma mais visual e atraente. Nesse sentido, o conteúdo abordado deve ser considerando diante da constatação de que alguns conteúdos são mais interessantes para os alunos do que outros. Portanto, a RA pode ser mais eficaz para melhorar a atenção focada quando aplicada a conteúdos que os alunos consideram relevantes ou interessantes. O envolvimento dos alunos também se correlaciona ao foco, principalmente nos casos em que os alunos têm a oportunidade de participar ativamente das atividades.

El afirma que “como é uma experiência imersiva, melhora sim a atenção”. As respostas mencionadas, sob o prisma dos entrevistados, sugerem a representatividade da RA para o processo de ensino-aprendizagem, reiterando sua condição de proporcionar a imersão dos educandos no conteúdo.

A superação do desinteresse porventura apresentado pelos alunos pode contar com os recursos da realidade aumentada, o que é revelado a partir da consideração de um dos professores participantes, de que a utilização do jogo e da realidade aumentada são relevantes, “porque se você falar a palavra estudar para o aluno, ele não se interessa”.

Através das respostas obtidas, pôde-se constatar que a Realidade Aumentada possui a capacidade de potencializar a concentração dos alunos, embora não seja um efeito assegurado. Observou-se que alguns entrevistados compartilharam a experiência de uma melhora na concentração decorrente do uso da Realidade Aumentada, ao passo que outros afirmaram não perceber um impacto substancial. Assim, verifica-se um

equilíbrio entre essas duas percepções no tocante ao desenvolvimento, ou ausência, da atenção.

4.2.10 Relevância

A relevância da realidade aumentada pôde ser observada, em conformidade com o julgamento dos entrevistados, ao explorar o quão importante é a aplicação da Realidade Aumentada para a aprendizagem do conteúdo educacional, evidenciados nos fragmentos a seguir.

P4: “É importante, mas eu não diria que é indispensável, julgo como mais uma ferramenta que auxilia, mas que não é obrigatória. Além disso, deve ser aplicada da maneira correta”.

E1: “Acredito que a aplicação da realidade aumentada é extremamente importante para o aprendizado, acho que ajuda a gente a fixar o conteúdo por causa das simulações, mas dependendo do conteúdo, acho que dá pra dispensar”.

P8: “Diria que a relevância é muito significativa, justamente porque proporciona uma abordagem mais dinâmica e interativa no processo de aprendizado”.

P2: “Ela é bastante relevante. Então, para um curso de ciência de computação, eu considero como ela sendo obrigatória”.

P2 menciona que a aplicação da RA deveria ser obrigatória para o curso de ciência da computação. Já P4 e E1 acreditam que a tecnologia é um excelente complemento ao ensino tradicional, mas não deve ser obrigatória.

Apesar de E2, P7 e P6 apontarem desafios que precisam ser superados para que a RA seja mais amplamente adotada na educação, como o custo da tecnologia, que ainda é alto para muitas instituições de ensino e a indisponibilidade de conteúdo educacional de qualidade em RA, eles acreditam que a RA tem o potencial de revolucionar o ensino-aprendizagem e sugerem que a tecnologia deve ser mais valorizada e incentivada no desenvolvimento educacional.

Os aplicativos de RA podem facilitar o aprendizado e gerar um melhor entendimento no aspecto acadêmico. Ainda há pouca informação sobre o seu desenvolvimento voltado para áreas específicas, como o ensino de análise de sistemas, sendo poucos os trabalhos relacionados a este assunto. Trata-se de uma das questões fundamentais no ensino de determinadas carreiras de engenharia de sistemas, análise de sistemas, identificar questões físicas do nosso ambiente, tornando as relações abstratas quando não podem ser exibidas. A realidade aumentada pode auxiliar no aspecto a ser utilizado para o ensino de tecnologia, devido à sua ampla aplicação (Mena-Vargas et al., 2019).

A maior parte dos entrevistados compartilha da opinião de que a Realidade Aumentada constitui uma ferramenta de elevada relevância para o domínio educacional. Conceituam-na como capaz de aprimorar substancialmente o processo de aprendizado, tornando-o mais dinâmico, interativo e cativante. Ademais, os entrevistados sugerem que a Realidade Aumentada deva receber maior valorização e incentivo no âmbito do desenvolvimento educacional, e recomendam que as instituições de ensino invistam na aquisição de tecnologia e na produção de conteúdo educacional de alta qualidade nesse contexto.

Na educação científica em particular, pode ser usado como uma tecnologia inovadora para ensinar assuntos quando não há oportunidade de fazer perguntas diretas, observações ou ganhar experiência de laboratório. A RA tem o potencial para uso não apenas na educação científica, mas também em outras áreas de aprendizagem (Yilmaz, 2021).

Um exemplo importante a respeito da incorporação da RA como metodologia em outras áreas do conhecimento foi apresentado por Hajirasouli e Banihashemi (2022), discutindo essa utilização no âmbito da arquitetura. As abordagens tradicionais de ensino e aprendizagem envolvem apostilas de palestras, memorização mecânica e anotações. Neste ambiente de ensino, educadores e instrutores são os centros do modelo e os alunos recebem informações passivamente.

Desse modo, os discentes, em tais ambientes de ensino e aprendizagem, muitas vezes não adquirem a capacidade de aplicar as suas competências de maneiras diferentes e de responder às perguntas feitas de uma forma diferente do que foi ensinado na aula. Isto tem impacto na capacidade do aluno de recordar e reter conhecimentos e informações aprendidas durante a sua educação. Nos métodos tradicionais de ensino de arquitetura e

construção, a transformação do conhecimento acontece por meio de manuais ou procedimentos operacionais padrão, que se concentram no desenvolvimento do conhecimento central e explícito.

A utilização de conteúdos virtuais imersivos resulta em aprendizagem mais persistente, conhecimento aprofundado e duradouro para os alunos, bem como, cria uma aprendizagem mais fluida, melhorando a experiência dos alunos e o processo de aquisição de conhecimento, e desenvolvendo-se em percepção de profundidade e representação espacial. A integração da RA no currículo pode proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizagem mais realista e prática, adaptável ao local de trabalho real e físico. A RA permite que os alunos adaptem o seu projeto à escala real da construção, dentro do local. Também proporciona acesso ilimitado, a oportunidades que de outra forma seriam limitadas, para participar em experiências no local de trabalho. Também foi confirmado que no ensino de processos de construção, a aplicação da RA auxilia no aprimoramento da compreensão dos participantes sobre procedimentos complexos de montagem. Globalmente, pode-se concluir que a aplicação da RA resulta na melhoria global do desempenho acadêmico e da aprendizagem dos alunos, tanto a curto como a longo prazo (Hajirasouli; Banihashemi, 2022).

A aplicação da Realidade Aumentada, portanto, pode oferecer uma contribuição significativa para aprimorar o processo de aprendizado em áreas como arquitetura e construção, entre outras. No entanto, a avaliação da pertinência dessa integração deve abranger a avaliação da solidez das contribuições resultantes da adoção dessa metodologia, levando em consideração a confiabilidade e a segurança em relação ao conteúdo estudado.

4.2.11 Confiança

Investigar a percepção dos entrevistados sobre a forma que a utilização da RA impactou na confiança e segurança quanto ao assunto estudado, auxiliou a compreender a dimensão “confiança”, sendo que as respostas sugerem que há uma percepção geral positiva, conforme relatos a seguir.

P3: “Eu utilizo como um complemento, então quanto à segurança, eu acho que para mim não interfere, porque eu também sou otimista quanto ao uso dessa tecnologia. Então, eu insiro, eu gosto.

Se não tenho como inserir também não faria diferença para passar o conteúdo que está, mas eu acho sim que existe um ganho do aluno ver aquilo em funcionamento”.

E2: “Claro, justamente por causa do envolvimento na aula, se tu aprenderes de forma participativa, tu vais sair de lá sabendo exatamente como é o processo”.

Os entrevistados destacam que a RA contribui para o aumento da confiança dos alunos, pois permite uma melhor compreensão dos conceitos teóricos e o desenvolvimento de habilidades práticas.

P2 relatou que muitos alunos se interessaram em utilizar a RA em seus trabalhos de conclusão de curso, o que indica que eles se sentiram confiantes em utilizar a tecnologia para realizar projetos de maior complexidade. Outro entrevistado também afirma que a RA pode contribuir para o aumento da confiança dos alunos, pois permite que eles visualizem como os conceitos teóricos podem ser aplicados na prática.

Na percepção de E1, a RA pode aumentar a confiança dos alunos, pois proporciona uma experiência imersiva que permite uma melhor compreensão dos conceitos. No entanto, foram apontados os desafios relacionados à segurança e compatibilidade da tecnologia.

Conforme Yun et al. (2023), embora a realidade aumentada já exista há décadas, avanços recentes em tecnologia, facilidade de uso e portabilidade tornaram as experiências de RA mais comuns em contextos de treinamento profissional, jogos e educação nos últimos anos.

4.2.12 Satisfação

A satisfação dos entrevistados com relação ao uso da RA foi avaliada ao investigar como eles julgam sua experiência, de modo a saber seus sentimentos e conclusões sobre o tema. Durante a análise, verificou-se que a experiência dos entrevistados foi positiva, conforme trechos a seguir.

E2: “Essa possibilidade de simulação faz a aprendizagem ser prática, a gente acaba participando do processo e aprendendo com a experiência. Minha avaliação sobre o uso dessa ferramenta é boa. Eu gostei bastante, só achei um pouco ruim a adaptabilidade pro celular, porque na tela do celular ficava muito pequeno”.

P3: “A realidade aumentada nesse ponto do uso da aplicação, a qual tive em sala de aula, foi bem positiva. E principalmente por treinar os alunos nesse tipo de tecnologia que eles vão poder vir a exercer e até ser usuários disso no mercado de trabalho. Que esse foi o nosso objetivo quanto a esse treinamento. Mostrar a ferramenta, o uso, a aplicação, o formato, como nós vamos utilizar e como eles podem vir a interagir com a planta sobre esse sistema. É claro, nós nunca nas aulas utilizamos dispositivos *hands-free*. Sempre foi dispositivo que utilizamos à mão, nos smartphones ou até propriamente tablets para fazer essa interação, essa visualização. Mas ao meu ponto de vista foi bem enriquecedor. Tanto para os alunos tendo contato com essa metodologia quanto para mim passando isso e tendo esse feedback dos alunos”.

P8: “Foi bastante satisfatória. Claro que ainda temos muito o que explorar nessa tecnologia, ainda muitos desafios a serem vencidos, mas no geral, acho que os alunos aprenderam bem o conteúdo e é uma inovação que eu gostei de usar”.

A percepção dos entrevistados, quanto à satisfação, sugere um ensino mais prazeroso e significativo, mesmo diante de falhas ocorridas nos aplicativos e do obstáculo relacionado à adaptabilidade para o celular.

Verificou-se que a interação com objetos virtuais melhorou a aula e o processo de ensino e aprendizagem. A realidade aumentada foi utilizada em diversos vídeos para mostrar melhorias na aula, como a visualização de objetos físicos que não estão disponíveis fisicamente. Exemplos de uso da realidade aumentada incluem demonstrar partes do corpo em aulas de fisioterapia e tabelas de alimentos em aulas de nutrição, sendo que a experiência foi positiva tanto para os alunos, que tiveram contato com essa metodologia, quanto para o professor, que recebeu feedback dos alunos. Os entrevistados ressaltaram que ainda há muito a explorar na tecnologia da realidade aumentada, mas ela tem sido útil para os alunos aprenderem novos conceitos.

Graças à tecnologia de Realidade Aumentada, complexos sistemas técnicos podem ser representados digitalmente de uma forma realista ambiente virtual. Isso permite que os usuários mergulhem completamente no ambiente virtual e observar e interagir com os sistemas e objetos neles contidos sem grandes restrições, ou para melhorar produtos e sistemas reais com dados digitais em tempo de execução. Isto cria novas oportunidades para apresentar o comportamento e as funcionalidades de sistemas complexos em uma forma tangível e compreensível (Bellalouna, 2023).

P7 afirmou que criou um jogo de Banco Imobiliário com Realidade Aumentada, onde os jogadores usam seus celulares para interagir com o jogo. Isso chamou a atenção porque não era necessário usar as peças tradicionais do jogo de tabuleiro. Cada jogador precisava ter seu próprio celular para usar seu personagem e o jogo incluía desafios, perguntas e compras virtuais feitas por meio da Realidade Aumentada. P7 menciona ainda que pagou por uma versão profissional do software e está satisfeito com os resultados. Em relação à aplicação da Realidade Aumentada na educação, o usuário conclui que, no geral, teve resultados positivos.

A Realidade Aumentada é vista como uma ferramenta eficaz para ensinar conceitos complexos ou simular situações práticas. No entanto, o usuário ressalta que a Realidade Aumentada não é adequada para todas as demandas educacionais e é importante saber quando utilizá-la. Em algumas situações, o uso de aplicativos de Realidade Aumentada pode complicar um conteúdo que não era tão complexo, prejudicando a aula.

Importa considerar que as inúmeras aplicações de AR requerem software e hardware específicos. Geralmente, porém, o software utilizado explora as coordenadas do mundo real através de câmeras e dispositivos de rastreamento; o objetivo é transferir esta informação de posição para um arquivo XML, utilizando a chamada ARML (*Augmented Reality Markup Language*). Os blocos funcionais do ARML permitem a fusão entre os mundos real e virtual especificando a conexão entre eles; isso permite a incorporação de objetos virtuais no mundo real. Esses objetos são controlados com base nos movimentos implementados pelo usuário (Arena et al., 2022).

4.2.13 Efetividade

A análise da satisfação pode ser complementada a partir da variável “efetividade”, também investigada neste estudo. Nesse sentido, os entrevistados ressaltam entre os seguintes benefícios da Realidade Aumentada a possibilidade de que os alunos interajam com os conceitos, o que pode estimular o aprendizado ativo. Além disso, trata-se de uma tecnologia nova e atraente, conforme evidenciado nos trechos a seguir.

P8: “Acho que a efetividade do conteúdo estudado para uma situação prática depende do próprio conteúdo e do contexto em que ele tá sendo inserido. Quero dizer que dependendo do contexto

determinado conteúdo pode ser totalmente aplicado e em outro, não”.

P9: “Assim, a realidade aumentada nos dá um bom alcance, ela torna o conteúdo mais tangível, posso dizer assim, e acho que também facilita a aplicação prática. Mas isso tudo depende de muitos fatores, a realidade aumentada por si só não faz milagre, precisa ter engajamento dos alunos, precisa ter uma qualidade da aplicação, senão não surte o efeito esperado. Mas é um bom mecanismo para a aprendizagem do conteúdo”.

Os entrevistados acreditam na possibilidade de se obter boa compreensão e visualização dos conteúdos por meio de diferentes metodologias de ensino, incluindo o uso de recursos tecnológicos. Além disso, consideram que o conteúdo pode ser aplicado na prática, mas isso depende da aplicação e contexto do ensino.

A avaliação recebeu um *feedback* positivo de todos os entrevistados, destacando-se que P7 ressaltou os benefícios da implementação da ferramenta para a aprendizagem de HTML e CSS. Como demonstrado, P9 enfatizou que a Realidade Aumentada pode contribuir para tornar o conteúdo mais palpável e facilitar sua aplicação prática, embora isso dependa de diversos fatores, como o nível de engajamento dos alunos e a qualidade da aplicação em si. A capacidade de simulação no processo de aprendizagem confere maior praticidade e envolvimento, resultando em uma avaliação favorável da eficácia dessa ferramenta.

O aprendizado durante a aplicação de realidade aumentada demonstra ser muito efetivo, pois a imersão e interatividade facilitaram a compreensão dos conceitos, o que leva à constatação de que esse recurso pode ser aplicado em diferentes contextos educacionais.

4.2.14 Desafio

No que diz respeito à variável “desafio”, foi avaliada como foi a experiência durante a utilização de aplicativos de realidade aumentada, em relação ao sentimento de desafio. As respostas a seguir revelam que a utilização desta tecnologia pode representar um desafio para professores e alunos.

P3: “Quanto ao desafio, eu acho que você inserir o uso dessa tecnologia no contexto de sala de aula, que converse bem com o

conteúdo que você está ministrando e tenha uma finalidade de aprendizado, esse sim é o desafio”.

P1: “Essa parte de Realidade Aumentada, eu... Assim, eu nunca tinha mexido, sabia? Porque, assim, eu vim trabalhando com essa parte em 2018 ou 2017. Que coisa. Tinha quase nada, entendeu? Mas assim, eu comecei a fazer uns cursos, né? Aí eu comecei a ver alguns manuais, aí tutorial, aí eu consegui ter... eu consegui dar um direcionamento legal, entendeu? De como funcionava”

E4: “Eu precisei de um tempo para aprender a executar as tarefas dentro do aplicativo, então foi desafiador, foi uma coisa nova”.

Para os docentes, as principais dificuldades estão associadas ao domínio da tecnologia, considerando que a Realidade Aumentada representa uma tecnologia relativamente recente, o que pode tornar-se um desafio para professores que ainda não tiveram a oportunidade de se familiarizar com ela. Há a necessidade de aprender a utilizar os aplicativos e recursos disponíveis, bem como de compreender como integrar eficazmente essa tecnologia ao currículo escolar.

No que diz respeito ao planejamento das atividades pedagógicas, constatou-se que a Realidade Aumentada oferece um leque variado de aplicações em sala de aula. Portanto, é imperativo planejar bem as aulas, a fim de assegurar que essa tecnologia seja empregada de maneira eficiente e alcance os objetivos educacionais propostos. As respostas também abordaram a questão dos eventuais contratempos técnicos, apontando para a possibilidade de ocorrência de problemas dessa natureza no decorrer da utilização de aplicativos de Realidade Aumentada. Nesse contexto, os docentes devem estar devidamente preparados para lidar com tais eventualidades, visando minimizar seu impacto no aprendizado dos alunos.

Os desafios enfrentados pelos alunos residem, igualmente, no processo de aprendizado da tecnologia, uma vez que eles devem adquirir competências para utilizar os aplicativos e recursos de Realidade Aumentada. Isso pode representar um desafio considerável, sobretudo para os estudantes que não possuem uma familiaridade prévia com tecnologia. A adaptação a essa nova realidade requer que os alunos tenham um período de adaptação antes de serem solicitados a realizar tarefas ou atividades que envolvam o uso dessas ferramentas.

Os benefícios para professores e alunos situam-se na motivação, considerando que a realidade aumentada pode ser uma ferramenta motivadora para professores e alunos. A

realidade aumentada pode promover um aprendizado mais significativo, permitindo que os alunos experimentem o mundo de forma diferente, o que pode ajudá-los a compreender melhor os conceitos aprendidos. Ademais, A RA pode também contribuir para o desenvolvimento de habilidades, como resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade.

A RA permite apoiar a aprendizagem, por exemplo aumentando a compreensão do conteúdo e a preservação da memória, bem como a motivação para a aprendizagem. Porém, se a RV se beneficia de campos de aplicação e áreas de pesquisa claros e mais definidos, a RA ainda está emergindo no cenário científico (Cipresso et al., 2018).

4.2. 15 *Feedback*

Em continuidade, as respostas a respeito da dimensão “*feedback*”, revelam uma variedade de abordagens para coletar feedback de usuários de aplicativos de RA. Para essas aplicações, há a utilização de *feedbacks* formais e informais, de forma que não há um tipo de *feedback* ideal para todos os aplicativos e aplicações.

E1: “Os professores não, mas em um aplicativo tinha a opção de enviar comentários sobre a experiência geral e também tinha campos para relatar problemas técnicos que fossem encontrados”.

P5: “De formal oral, pra quem usou, foi positivo. Mas pra quem não conseguiu, pelo fator compatibilidade, foi negativo”.

P4: “Não, as vezes falávamos disso no fim das aulas, mas nunca cheguei a aplicar questionário nenhum. Mas percebo que eles costumam gostar, a questão do envolvimento melhora e acredito que tanto eu quanto eles ficamos satisfeitos, apesar de eu achar que algumas aplicações devem ser melhoradas”.

P9: “Sim, acredito eu que todos os aplicativos de realidade aumentada hoje em dia têm feedback interativo, quando você vai mexendo ele vai dizendo se você fez certo e se você interagir de forma errada ele dá instruções visuais ou até em formato de áudio. Inclusive tem até aplicativos que mostram uma avaliação final do teu desempenho depois tu finalizas uma tarefa”.

P8 e P9 relataram o uso de feedback formal, como questionários ou pesquisas de satisfação. Este tipo de feedback é geralmente coletado no final de uma experiência de

RA ou em intervalos regulares. Ele pode fornecer informações valiosas sobre a experiência geral do usuário, incluindo a usabilidade, a satisfação e o aprendizado.

Já P4 relatou o uso de feedback informal, como discussões com alunos ou colegas. Este tipo de feedback pode ser menos estruturado do que o feedback formal, mas ainda pode ser útil para identificar áreas de melhoria. Alguns aplicativos de RA fornecem feedback interativo, que é incorporado à própria experiência de RA. Este tipo de feedback pode fornecer orientação e instruções em tempo real, o que pode ajudar os usuários a aprender e usar o aplicativo de forma adequada e útil.

Por conseguinte, a análise das respostas sugere que não existe um único método de feedback que seja ideal para todos os aplicativos de RA. O método mais adequado dependerá de uma série de fatores, incluindo o objetivo do aplicativo, o público-alvo e os recursos disponíveis.

4.2.16 Segurança

A avaliação da segurança na aplicação do conhecimento adquirido através da Realidade Aumentada foi investigada no sentido de compreender até que ponto os usuários acham que o conteúdo aprendido por meio da RA pode ser aplicado em uma situação prática, conforme relatos apresentados a seguir.

P2: “Acredito que só uma parte do que ensinamos pode ser aplicado e não conseguimos mostrar em sala tudo que eles vão precisar. Porque o mercado de trabalho se torna um pouco mais complexo, né?”

E2: “Na minha área acho que sim, pelo menos tudo que aprendi eram simulações de processo fabril, que posso usar na prática. Acho que a maioria dos conteúdos podem ser aplicados”.

Os participantes acreditam que o conteúdo aprendido por meio da RA é altamente aplicável em situações práticas, todavia, P2 afirma que, no mercado de trabalho, os recursos solicitados são mais extensos do que os apresentados em sala de aula. Isso sugere que, para garantir a aplicabilidade do conteúdo aprendido por meio da RA, é importante que os alunos sejam expostos a um amplo espectro de recursos e aplicações.

A análise da resposta de E2 sugere que a RA é uma ferramenta promissora para a aprendizagem em segurança. Ele afirma que, em sua área, todos os conteúdos aprendidos

eram simulações de processo fabril, que podem ser usadas na prática. Isso sugere que a RA pode ser uma ferramenta eficaz para o aprendizado de conceitos e procedimentos complexos.

P1, P4, P5 e E1 relatam o fator “segurança” juntamente ao fator “efetividade”. É importante citar que um dos participantes destaca a importância de um planejamento adequado para o uso da RA em sala de aula. O entrevistado afirma que é preciso definir os objetivos de aprendizagem, o conteúdo a ser abordado e as atividades a serem realizadas, de forma que essa abordagem pode ajudar a garantir que o conteúdo aprendido seja efetivamente aplicado em situações práticas.

4.2.17 Complexidade

Foi abordada a dimensão “complexidade”, de forma a investigar se os aplicativos de RA retratam ou não problemas da vida real. Essa dimensão tem como objetivo verificar a habilidade dos aplicativos em oferecer abordagens para que os usuários possam resolver problemas de maneira eficaz. Foi possível observar as percepções dos entrevistados.

P4: “Depende da aplicação e do contexto onde é ela inserida, no meu caso, já utilizei um aplicativo dos meus alunos orientados por mim que cria expressões em LIBRAS voltados para a Cultura Maker. Então acho que tudo que tem muitos aplicativos que podem ser aproveitados bastante na vida real”.

P9: “Eu acho que não retratam exatamente problemas, eu acho que podem ser aplicados na vida real, mas depende muito do conteúdo que você está mostrando e depende também dos cenários”.

P5: “Então, quando se fala de educacional, eu sou limitado. Eu não tenho tudo o que eu preciso. Você está entendendo? Exemplo, eu gostaria muito de ter uma simulação do corpo humano, eu posso até ter, mas, como eu te falei, eu volto à limitação de equipamento para isso”.

As respostas às perguntas revelam três perspectivas diferentes sobre o assunto, que se relacionam às limitações na educação, à dependência da aplicação e contexto e à potencial aplicação na vida real. A primeira perspectiva é a de que os aplicativos de RA ainda são limitados em termos de tecnologia. Essa perspectiva é representada pela

resposta de um respondente que exemplifica que gostaria de ter uma simulação do corpo humano, mas que isso é limitado pela disponibilidade de equipamentos.

Essa perspectiva é válida, pois a RA é uma tecnologia relativamente nova e ainda está em desenvolvimento. Os aplicativos de RA estão ficando cada vez mais sofisticados, mas ainda há a necessidade de melhorias em termos de resolução, precisão e desempenho. Por fim, quanto à aplicação prática, os aplicativos de RA são ferramentas que podem ser aplicadas na vida real, mas que dependem do conteúdo, dos cenários e dos objetivos do uso. Tal perspectiva é válida, pois os aplicativos de RA podem ser usados para diversos propósitos, incluindo educação, treinamento e entretenimento. No entanto, é importante que os aplicativos de RA sejam bem elaborados e representem situações reais de forma precisa.

De modo geral, Souza et al. (2023) identificaram sete categorias como barreiras à adoção da realidade aumentada na educação. Esses obstáculos são técnicos, de adoção, de usabilidade e de interação do usuário, de aprendizagem, de natureza pedagógica, financeira e tecnológica.

No entanto, Alsadoon e Alhussain (2019) observaram que embora as instituições de ensino sejam favoráveis à adoção da RA e os professores acreditem e confiem no seu potencial para estimular um ambiente de aprendizagem, eles ainda não o adotam nas aulas, com o corpo docente levantando preocupações sobre as barreiras que impactam a implementação da RA na educação.

A RA tem um grande potencial para capacitar os alunos a aprender conceitos científicos de forma eficaz. A literatura tem mostrado que as tecnologias de RA podem cultivar o interesse dos alunos pela ciência, ajudar os alunos a adquirir conhecimentos e práticas científicas aprofundadas e facilitar a transferência de conhecimento científico entre contextos.

Entretanto, a literatura apontou que a aprendizagem da ciência com a tecnologia RA poderia apoiar os alunos na construção de explicações científicas sólidas e apelou a investigações mais rigorosas sobre o efeito de aprendizagem das tecnologias RA, em particular resultados cognitivos de alto nível, tais como capacidades no desenvolvimento de afirmações científicas e compreensão de processos científicos (Jiang et al., 2021).

4.3 Análise Comparativa das percepções

A análise comparativa investigará tanto os aspectos de convergência quanto de divergência identificados nas percepções de professores e alunos, conduzindo uma avaliação de lacunas nas dimensões específicas delineadas pelo modelo MAREEA.

O conceito de "gap", que pode ser interpretado como hiato ou lacuna, é empregado na literatura de qualidade para denotar a discrepância entre a percepção da qualidade do serviço pelo cliente e a qualidade do serviço oferecida pela empresa prestadora de serviços (Hoffmann e Bateson, 2006).

Conforme destacado por Grönroos (2003), a comparação entre as expectativas e as experiências desempenha um papel fundamental na definição dos atributos de qualidade, uma vez que está fundamentada na teoria da desconfirmação.

Quadro 15– Identificação de Lacunas e Oportunidades (continua)

DIMENSÕES	PROFESSORES	ALUNOS	CONCLUSÕES OU ANÁLISE DE GAP
Aprendizibilidade	Usabilidade Fácil	Usabilidade Fácil	Tanto professores quanto alunos acham que não precisa de muito treinamento para aprender a usar os aplicativos de RA, desde que a pessoa já tenha algum grau de familiaridade com tecnologias, smartphones, entre outros. Um desafio identificado foi o tamanho de tela, que quando muito pequena, pode prejudicar na seleção de opções. Isso ocorre porque aplicativos como este geralmente são aceitos em diferentes dispositivos.
	Familiarização com a tecnologia facilitam	Familiarização com a tecnologia facilitam	
Operabilidade	Facilidade de manuseio e interação; intuitividade	Facilidade de manuseio e interação	Opinião heterogêneas, sendo que a maioria dos usuários (professores e alunos) defenderam a facilidade de manuseio e a intuitividade dos aplicativos. Todavia, foi enfatizada a necessidade de treinamento para melhoria do entendimento e houve um professor que relatou a complexidade do uso, mas destacou que os bons resultados.
	Necessidade de tutoriais para usuários não familiarizados		
	Complexidade da Operabilidade; e Benefícios		
Acessibilidade	Facilidade de uso com tutorial	Facilidade de uso com tutorial	Nesta dimensão, as principais lacunas são a dificuldade de diferenciação do real e virtual, sugerindo a necessidade de melhor acabamento; a utilização de termos técnicos que podem dificultar a acessibilidade e as opiniões heterogêneas sobre a interface.
	Interface amigável	Interface grosseira	
	Linguagem Clara	Linguagem Clara	
	Diferenciação do Real e Virtual		
	Termos Técnicos		

Quadro 11 – Identificação de Lacunas e Oportunidades (continuação)

Prevenção de Erros	Potencial para prevenir erros	Potencial para prevenir erros	Há concordância no alto potencial que a RA tem de prevenir erros no processo educativo, principalmente por conta da visualização. Todavia, professores percebem que a RA não deve ser aplicada em todos os contextos, por isso o papel importante do professor analisar a conveniência.
	Papel do professor e Contexto		
Estética	Não tem um bom acabamento	Não é muito atraente	Tanto professores quanto alunos informaram que os aplicativos não eram esteticamente bonitos, mas que eram organizados e entregavam o resultado esperado.
	Prioriza a eficácia funcional	Prioriza a eficácia funcional	
Novidade	Visualização e Interação	Visualização e Interação	A principal novidade identificada por alunos e professores foi a visualização do conteúdo e a interação, além da dinâmica na demonstração de conteúdo.
		Dinamismo	
Aceitabilidade	Visualização	Visualização	Esta dimensão apontou muitos pontos fortes de todos os entrevistados, notou-se uma convergência entre a percepção de professores e alunos. Quanto às lacunas, professores perceberam a falta de costume de alguns professores e alunos com a tecnologia, e a instabilidade de funcionamento, muitas vezes relacionados a problemas de internet ou incompatibilidade de dispositivos, neste último caso, também citado por um dos alunos entrevistados. Uma das alunas citou ainda e ainda a necessidade de recursos financeiros.
	Entendimento de Conteúdo	Entendimento de Conteúdo	
	Atenção Conjunta	Necessidade de Recursos Financeiros	
	Aprendizagem Ativa		
	Falta de costume com a tecnologia, necessidade de orientação inicial		
	Instabilidade de funcionamento.		
Envolvimento	Proporciona mais interação e envolvimento	Proporciona mais interação e envolvimento	Professores e alunos acreditam a utilizar ferramentas de RA melhora o envolvimento.
Atenção Focada	É relativo, mas costuma melhorar com a aprendizagem ativa	Melhora, mas depende de fatores como o conteúdo e o humor do aluno.	As ideias apresentadas nesta dimensão são bem homogêneas, há uma ideia geral de que a RA melhora a atenção focada, mas depende de uma série de fatores.
Relevância	É extremamente relevante, mas pode ser dispensada em certos casos	É importante, mas dependendo do conteúdo pode ser dispensada	Para esta dimensão foram encontradas respostas convergentes de que a RA é importante para a educação, mas não necessariamente de forma obrigatória.
	É obrigatória para os cursos de ciência da computação		Todavia, um dos professores relatou que julga ser de aplicação obrigatória para cursos de ciência da computação.

Quadro 11 – Identificação de Lacunas e Oportunidades (conclusão)

Confiança	Não há interferência quanto segurança de repassar o conteúdo, mas percebe-se um ganho para os alunos	Aumenta a confiança; Aulas participativas	Ambos demonstram uma avaliação positiva da confiança. Acredita-se que por conta da aprendizagem ativa há uma melhora na retenção de conteúdo, possibilitando a aumento da dimensão confiança.
Satisfação	Aprendizagem de conteúdo	Aprendizagem prática	As avaliações de satisfação foram positivas, todos os entrevistados manifestaram-se satisfeitos. Porém, professores mencionaram desafios a serem vencidos e uma aluna apontou falha de adaptabilidade da ferramenta para a tela do celular.
	Experiência enriquecedora	Adaptabilidade ruim para o celular	
	Desafios a serem vencidos		
Efetividade	Efetividade a depender do conteúdo, do contexto e de diversos outros fatores	Efetividade; Aprendizagem prática	A avaliação sobre a efetividade da aplicação das ferramentas é no geral, boa. Porém, foi verificado, principalmente na percepção de professores que a RA pode ou não ser efetiva, a depender do contexto e da qualidade da aplicação.
Desafio	Aprendizagem da Tecnologia	Aprendizagem da Tecnologia	Um dos desafios mais citados por professores e alunos foi a necessidade de aprendizagem da tecnologia. Além deste, professores citam ainda o planejamento da aula para alinhar a utilização desse tipo de ferramenta aos objetivos relacionados a aprendizagem de conteúdo.
	Planejamento da Aula		
Feedback	Feedback Oral e Interativo	Feedback Interativo	Foi verificado que as principais formas de feedback utilizados são o feedback oral e o feedback interativo do próprio aplicativo. O tipo de feedback ideal a ser usado depende do objetivo desta avaliação.
Segurança	Conteúdo é aplicável em partes	Conteúdo é altamente aplicável	Acredita-se que o conteúdo aprendido por meio da RA pode ser aplicado em situações práticas, talvez não em sua totalidade. Ademais, um dos professores destaca que o aprendizado em sala de aula não atende toda a demanda do mercado de trabalho, servindo apenas como base.
	Mercado de trabalho mais amplo que a sala de aula		
Complexidade	Varia de acordo com o contexto	Varia de acordo com o contexto	Os dois grupos entrevistados relataram que os aplicativos podem ou não retratar problemas da vida real, a depender do contexto e do conteúdo apresentado. Um dos professores relata que pode até ter a tecnologia para suprir determinada demanda, mas que há limitações de equipamentos.
	Limitação na educação por indisponibilidade de equipamentos		

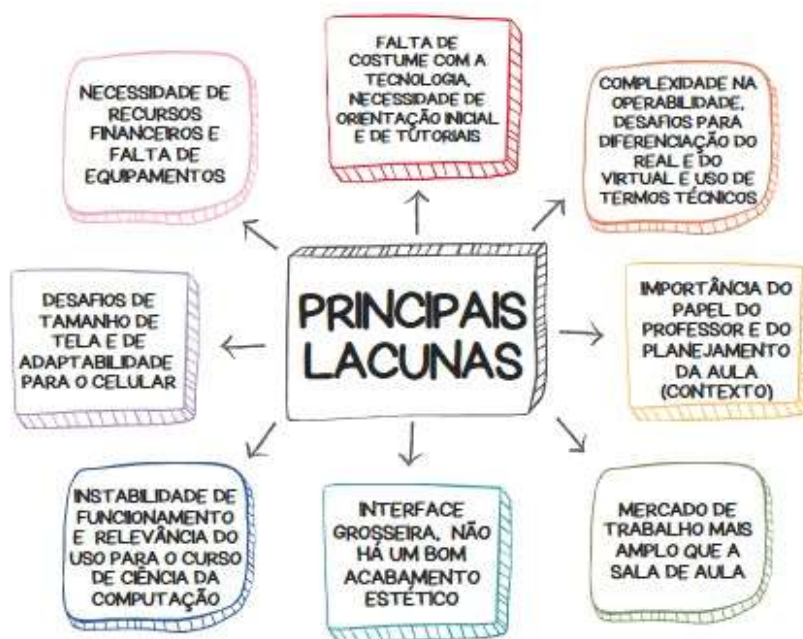
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Após minuciosa análise comparativa dos dados obtidos em campo, constatou-se que a aplicação da Realidade Aumentada atinge patamares bastante satisfatórios nos quatro fatores submetidos à avaliação segundo o Modelo MAREEA, a saber: usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa.

Contudo, constatou-se que, apesar das vantagens inerentes, a Realidade Aumentada não goza de uma disseminação generalizada no âmbito da educação superior no Estado do Amazonas. Muitos dos docentes entrevistados relataram a prática esporádica em projetos anteriores em que empregaram essa ferramenta; todavia, não se verifica uma aplicação sistemática. Ademais, houve certa dificuldade na identificação de docentes que incorporem a Realidade Aumentada em seus métodos de ensino na educação superior no Estado, bem como de discentes que tenham sido expostos à ferramenta, o que denota a falta de uma adoção abrangente em diversas áreas de estudo.

Consoante à análise efetuada, com vistas à disseminação mais ampla dessa tecnologia, objetivando também aprimorar e elevar o nível da educação de modo progressivo, torna-se imperativo preencher lacunas e explorar oportunidades de melhoria em onze (11) das dezessete (17) dimensões abordadas. A Figura 23, demonstra as principais lacunas identificadas.

Figura 23 - Principais Lacunas Identificadas



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

No que tange à aprendizibilidade, os desafios inerentes às dimensões das telas suscitam a necessidade premente de realizar adaptações das versões dos aplicativos de acordo com o dispositivo a ser utilizado, inclusive *mobile*. No âmbito da operabilidade, é imprescindível a adoção de tutoriais de compreensão acessível, destinados a facilitar a operação da ferramenta de maneira descomplicada. No contexto da acessibilidade, sugere-se o aprimoramento da interface; adicionalmente, a dificuldade de discernir o espaço real do virtual instiga uma premente exigência de aperfeiçoamento de detecção de superfície, interatividade com os objetos virtuais, feedbacks interativos e experiência guiada. Por fim, destaca-se a imperatividade de revisar terminologias técnicas e realizar adequações no texto com o intuito de proporcionar uma linguagem clara.

A dimensão da "prevenção de erros", é de relevância crítica a análise do planejamento pedagógico. Neste contexto, destaca-se a eminente responsabilidade do docente no processo de tomada de decisão, especialmente quando se trata da aplicação de Realidade Aumentada (RA) e sua capacidade de conferir vantagens pedagógicas em consonância com o conteúdo programático e os objetivos educacionais da aula. A oportunidade de otimizar a estética do aplicativo também se apresenta como um vetor de melhoria, embora tenha sido constatado que tal fator não exerce influência negativa substancial, em virtude da priorização da organização da interface e do conteúdo educativo. Em virtude da frequente autoria desses aplicativos pelos próprios educadores, sugere-se, ademais, um investimento em programas de capacitação especializada.

Seguindo essa abordagem, com o propósito de elevar a aceitação desses aplicativos, verificou-se a necessidade de empreender projetos voltados para o fomento da educação, de forma a mitigar a carência de recursos financeiros. Ademais, torna-se imperativo estabelecer mecanismos abrangentes para a disseminação das tecnologias, com o intuito de reduzir a lacuna entre aqueles que não estão familiarizados, tanto entre educadores quanto entre estudantes. Além disso, é necessário conceber estratégias que diminuam o tempo necessário para o treinamento inicial. Outrossim, para ampliar a aceitabilidade, propõe-se a criação de plataformas *offline* que possam ser implementadas em diversos sistemas operacionais.

No tocante à dimensão "relevância", todos os entrevistados expressaram a alta pertinência da aplicação, embora com nuances, e apenas um deles divergiu, alegando que acredita que, especificamente no âmbito do curso de Ciência da Computação, a aplicação da RA deveria ser obrigatória. Nesse sentido, seria aconselhável proceder a uma análise

cuidadosa da adequação de tal obrigatoriedade. Quanto à dimensão da "satisfação", evidenciou-se a necessidade de aprimoramentos relativos à adaptabilidade dos aplicativos a diferentes plataformas, sugerindo-se, por conseguinte, o desenvolvimento multiplataforma e a compatibilidade com navegadores. Tais ações visam abordar os desafios identificados ao longo desta investigação. Relativamente à "efetividade", torna-se imperativo que, antes da implementação, se proceda a uma análise contextual a fim de evitar excessos, desvios de conteúdo e desperdício de recursos temporais, reforçando, uma vez mais, a importância de um planejamento de aula sólido.

No que concerne à dimensão "desafio", observou-se a pertinência do planejamento pedagógico, destacando a necessidade premente de promover a capacitação continuada dos profissionais, visando à aquisição de perspicácia estratégica. No contexto da dimensão "segurança", emergiu a necessidade de ampliar a experiência educacional, com vistas a proporcionar aos alunos a responsabilização para o aprendizado contínuo e um preparo sólido para a inserção no mercado de trabalho.

Por último, no âmbito da investigação da complexidade, constatou-se a indisponibilidade de recursos tecnológicos adequados para visualizações de maior sofisticação. Nesse sentido, renova-se a sugestão de incremento nos projetos destinados ao aprimoramento da educação e ao fortalecimento das instituições de ensino superior, tanto públicas quanto privadas, como meio de buscar um diferencial significativo. As ações sugeridas para a melhoria das percepções nas dimensões que possuem lacunas identificadas estão detalhadas no Quadro 12.

Quadro 16– Ações sugeridas para melhoria das percepções

DIMENSÕES	AÇÕES SUGERIDAS
APRENDIZIBILIDADE	Realizar adaptações das versões dos aplicativos de acordo com o dispositivo a ser utilizado;
OPERABILIDADE	Adotar tutoriais de clara compreensão.
ACESSIBILIDADE	Aprimorar a interface dos aplicativos; aperfeiçoar processamento e acabamento quanto à detecção de superfícies, <i>feedbacks</i> interativos e experiências guiadas.
PREVENÇÃO DE ERROS	Realizar planejamento pedagógico.
ESTÉTICA	Aprimorar a estética dos aplicativos; capacitar docentes.
ACEITAÇÃO	Empreender projetos de fomento à educação; estabelecer mecanismos abrangentes para a disseminação da tecnologia; e desenvolver plataformas de uso <i>off-line</i> compatíveis com diferentes sistemas operacionais.
RELEVÂNCIA	Verificar obrigatoriedade para curso de ciência da computação
SATISFAÇÃO	Desenvolver aplicativos multiplataforma.
EFETIVIDADE	Realizar planejamento pedagógico.

DESAFIO	Realizar planejamento pedagógico; capacitar docentes.
SEGURANÇA	Ampliar a experiência educacional.
COMPLEXIDADE	Incrementar projetos destinados ao aprimoramento da educação.

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Melhorar as percepções de professores e alunos ao preencher as lacunas identificadas no uso da Realidade Aumentada na educação superior é fundamental para promover uma educação mais eficaz e engajadora. Ao compreender as perspectivas e desafios enfrentados, podemos ajustar as abordagens de ensino, desenvolver recursos mais adequados e fornecer suporte apropriado. Isso não apenas aprimora a qualidade da educação, mas também dá subsídios para que a implementação da Realidade Aumentada seja mais eficiente e eficaz, maximizando seu impacto positivo no processo de ensino-aprendizagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a utilização da realidade aumentada sob a perspectiva dos docentes e discentes de Instituições de Ensino Superior do estado do Amazonas.

Nesse contexto, os objetivos específicos da pesquisa foram alcançados mediante a coleta de dados, cuja finalidade era identificar as áreas do conhecimento nas quais a Realidade Aumentada está sendo implementada no Estado do Amazonas.

Ademais, foi realizada uma análise comparativa com o intuito de detectar possíveis lacunas, cujos resultados foram apresentados no quadro 11 e figura 21. A pesquisa de campo, por sua vez, proporcionou a constatação de uma baixa adoção da tecnologia de Realidade Aumentada pelas instituições de ensino superior e faculdades de tecnologia, sugerindo, assim, uma adesão limitada a essa tecnologia habilitadora da Indústria 4.0 conforme apontado pelos docentes e discentes das IES que participaram do estudo.

A pesquisa identificou que a aprendizibilidade e operabilidade dos aplicativos de RA são fatores cruciais. A adaptação das versões dos aplicativos para diferentes dispositivos, incluindo dispositivos móveis, é essencial para garantir uma experiência de usuário otimizada. Além disso, a criação de tutoriais acessíveis desempenha um papel fundamental na facilitação da operação das ferramentas, tornando a aprendizagem da tecnologia mais acessível.

Os resultados do estudo apontam ainda que a acessibilidade da RA é um desafio que requer atenção especial. A dificuldade de distinguir entre o espaço real e o virtual demonstra a necessidade de melhorias na detecção de superfície, interatividade com objetos virtuais, feedbacks interativos e experiências guiadas. Além disso, a clareza na comunicação e a revisão de terminologias técnicas são essenciais para tornar a RA acessível a todos os usuários. O planejamento pedagógico está diretamente ligado à prevenção de erros no processo educativo, desta maneira, verifica-se que os professores desempenham um papel fundamental na integração eficaz da RA ao aprendizado do conteúdo. Além disso, verifica-se que a melhoria na estética dos aplicativos é relevante, mas há a priorização da organização da interface e do conteúdo educacional.

Para aumentar a aceitação da RA, é necessário investir em projetos que promovam a educação sobre essa tecnologia e reduzam as lacunas de familiaridade. Estratégias para diminuir o tempo de treinamento inicial também são cruciais. A criação de plataformas *offline* que funcionem em diversos sistemas operacionais pode ampliar a acessibilidade. No que tange à relevância da RA na educação é amplamente reconhecida, mas a obrigatoriedade em determinados cursos requer uma análise cuidadosa e quanto à efetividade, um planejamento de aula sólido é fundamental para evitar erros e garantir um uso eficaz da RA.

Os desafios enfrentados pelos professores e alunos na aprendizagem da tecnologia de RA são significativos, especialmente considerando que a RA é uma tecnologia relativamente nova. Desta maneira, a capacitação contínua dos profissionais é essencial. Além disso, a segurança e a confiabilidade da tecnologia devem ser garantidas.

Por fim, a complexidade na implementação da RA também foi identificada como um desafio, especialmente devido à falta de recursos tecnológicos adequados. Portanto, é fundamental investir em projetos educacionais e fortalecer as instituições de ensino superior.

Os entrevistados enxergam um grande potencial na RA para a melhoria do processo ensino-aprendizagem, já que torna as aulas mais envolventes e dinâmicas. No entanto, para alcançar esse potencial, é necessário enfrentar os desafios mencionados e adotar abordagens cuidadosamente planejadas. A capacitação de professores e alunos desempenha um papel fundamental nesse processo. A pesquisa destaca a importância de uma abordagem informada e estratégica para a integração bem-sucedida da RA na educação, visando aprimorar a experiência de aprendizado e promover resultados educacionais mais eficazes.

A Realidade Aumentada (RA) tem a capacidade de ampliar a confiança e a satisfação dos alunos. Todavia, é imperativo abordar desafios tecnológicos, tais como questões de segurança e compatibilidade, além de considerar criteriosamente a natureza do conteúdo abordado.

A eficácia da RA na melhoria da atenção focada dos alunos está intrinsecamente relacionada à relevância e ao interesse que esses alunos têm pelo conteúdo. Ademais, o envolvimento ativo dos estudantes apresenta uma correlação direta com sua capacidade de concentração; quando eles participam de forma proativa das atividades, tendem a manter uma atenção mais aguçada.

Os resultados do estudo demonstram por meio da avaliação das percepções de discentes e docentes entrevistados que RA é uma tecnologia promissora para a educação superior, mas que ainda precisa superar alguns desafios para ser amplamente adotada, de forma que é importante melhorar os pontos fracos para que a tecnologia possa ser utilizada com eficácia, alcançando um alto nível de usabilidade, engajamento, motivação e aprendizagem ativa.

Em contrapartida, é importante citar que apesar de seus benefícios, a RA não se aplica a todas as situações educacionais, pois em alguns casos, seu uso pode ser desnecessário. Por fim, o estudo demonstrou que os utilizadores desta tecnologia expressam satisfação em relação à aplicação da Realidade Aumentada (RA) na esfera educacional, percebendo-a como uma ferramenta que enriquece o processo de ensino, tornando-o mais agradável e significativo.

Ressalta-se que as conclusões deste estudo apontam para uma série de descobertas significativas no contexto da implementação da Realidade Aumentada (RA) na educação. Essas conclusões refletem tanto os benefícios potenciais quanto os desafios a serem enfrentados ao incorporar essa tecnologia inovadora no ambiente educacional.

Cabe destacar como limitação deste estudo, a dificuldade encontrada durante a fase de identificação e seleção de participantes. Especificamente, no que diz respeito à localização de alunos e professores que já tivessem utilizado ferramentas de Realidade Aumentada no contexto do Ensino Superior no Estado do Amazonas. Essa dificuldade resultou em um número relativamente reduzido de entrevistados, o que pode afetar a generalização dos resultados e a amplitude das perspectivas capturadas. No entanto, mesmo com esse desafio, a pesquisa fornece *insights* valiosos sobre a experiência daqueles que foi possível incluir, oferecendo uma visão inicial sobre o uso dessa tecnologia na região.

Para estudos futuros, recomenda-se a expansão da amostra, buscando uma abordagem mais abrangente para identificar e envolver um número maior de participantes que tenham experiência com ferramentas de Realidade Aumentada no Ensino Superior no Estado do Amazonas. Além disso, é interessante considerar a realização de estudos comparativos que investiguem o uso de ferramentas de Realidade Aumentada também no Ensino Fundamental e Médio no Estado do Amazonas, de forma a obter uma análise abrangente das diferenças nas percepções para cada nível de ensino.

6 CONTRIBUIÇÕES

Entre as principais contribuições derivadas da pesquisa, destaca-se aquelas direcionadas para os âmbitos acadêmicos, econômicos e sociais.

6.1 Contribuições Acadêmicas

A pesquisa sobre a utilização da Realidade Aumentada (RA) na educação superior no estado do Amazonas trouxe significativas contribuições para o ambiente acadêmico e para o cenário educacional da região, pois destacou os benefícios da RA, ao mesmo tempo em que abordou os desafios associados à sua implementação. Essas descobertas podem servir como base para futuras pesquisas e para o desenvolvimento de políticas educacionais que promovam a implementação eficaz dessa tecnologia em Instituições de Ensino Superior.

6.2 Contribuições Econômicas

Os resultados oferecidos por este estudo podem auxiliar no levantamento de demandas de mercado e desenvolvimento de novos produtos e serviços relacionados à realidade aumentada, como aplicativos educacionais personalizados, conteúdo digital interativo e soluções de treinamento para professores.

Desta forma, ao melhorar a qualidade da educação superior através da incorporação da realidade aumentada, a região pode atrair um maior número de estudantes locais e estrangeiros, impulsionando a demanda por alojamentos, alimentação, transporte e outras necessidades, gerando assim um impacto positivo na economia do Amazonas.

6.3 Contribuições Sociais

A pesquisa sobre a aplicação da realidade aumentada na educação é um campo em constante crescimento que oferece inúmeras contribuições sociais significativas. Ao integrar essa tecnologia avançada no ambiente educacional, a pesquisa tem o potencial

de melhorar substancialmente a qualidade da educação em vários aspectos, dentre eles, o aumento da retenção de conhecimento e a inclusão social.

Outro aspecto importante é a disseminação do conhecimento. À medida que a pesquisa em realidade aumentada avança, suas descobertas e aplicações práticas são compartilhadas com a comunidade educacional e o público em geral. Isso inspira o interesse pela ciência e tecnologia, motivando jovens a explorar carreiras nesses campos e contribuir para o progresso da sociedade.

Esta pesquisa não apenas dá subsídios para o aprimoramento da qualidade do ensino e da aprendizagem, mas também ajuda a promover a inclusão, o desenvolvimento de habilidades e a disseminação do conhecimento, tornando-se um instrumento valioso para o avanço social e educacional.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. M., GONZAGA, D. R. B., DOS SANTOS, F. J., DE OLIVEIRA, J. F., de MORAIS OLIVEIRA, K. D., FIGUEIREDO, L. M.; DOS SANTOS GONÇALVES, G. A. Indústria 4.0: Como as empresas estão utilizando a simulação para se preparar para o futuro. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, 12(12), 49-53, 2019.

ACHARI, P.D. **Research Methodology: A Guide to Ongoing Research Scholars in Management**. Horizon Books, 2014.

AIRES, M. D. O., ROSA, A. C. M., GYORI, C. A. M., REIS, C. R. G., & BUTTIGNON, K. Indústria 4.0: a manufatura aditiva como ferramenta de inovação e otimização. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 4, p. 1821-1833, 2019.

ALANI, M. M.; ALLOGHANI, M.. Security challenges in the industry 4.0 era. In: **Industry 4.0 and engineering for a sustainable future**. Springer, Cham. p. 117-136, 2019.

AKÇAYIR, M.; AKÇAYIR, G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, v. 20, p. 1-11, 2017.

ALSADOON, H.; ALHUSSAIN, T. Faculty at Saudi electronic university attitudes toward using augmented reality in education. *Education and Information Technologies*, v. 24, n. 3, p. 1961-1972, 2019.

ALTOÉ, A.; SILVA, H. O Desenvolvimento Histórico das Novas Tecnologias e seu Emprego na Educação. **Educação e Novas Tecnologias**. Maringá: Eduem, p 13- 25, 2005.

ANDERSON, E.W.; FORNELL, C. & LEHMANN, D.R. **Perceived quality, customer satisfaction, market share, and profitability**. Working Paper, NQRC (National Quality Research Center): The University of Michigan, 1992.

ARENA, F. et al. An Overview of Augmented Reality. *Computers*, v. 11, n. 2, p. 28, 2022.

ARMBRUST, M., FOX, A., GRIFFITH, R., JOSEPH, A. D., KATZ, R. H., KONWINSKI, A., LEE, G., PATTERSON, D. A., RABKIN, A., STOICA, I.; ZAHARIA, M. **Above the clouds: A berkeley view of cloud computing**. Technical report, EECS Department, University of California, Berkeley, 2009.

ARKTIS. “**Indústria 4.0, a Quarta Revolução Industrial**”. 2016. Disponível em:< <http://arktis.com.br/a-quarta-revolucao-da-industria/>>.

ASHTON, T. S. **A revolução industrial: 1760-1830**. Lisboa: Publicações Europa-América, 1948.

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2004.

ARAÚJO, D. Uso de realidade aumentada como ferramenta complementar ao ensino das principais ligações entre átomos. **Workshop de Realidade Virtual e Aumentada**, 6, 28-30, Poster do WRVA, 2009.

ARSENIO, P. E. **Da Terceira Revolução Industrial à Produção Enxuta: Seu Impacto da Indústria de Autopeças**. Estudo de Caso: Mahle Metal Leve S.A. São Bernardo do Campo, 2008.

ARVANITIS, T. N., PETROU, A., KNIGHT, J. F., SAVAS, S., SOTIRIOU, S., GARGALAKOS, M., et al. Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. **Personal and Ubiquitous Computing**, 13(3), 243–250, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-007-0187-7>

AYUB, D.; SOUZA, D. L. S.; MARQUES, M. A. M. **Importância e aplicabilidade da abordagem multivariada na indústria 4.0**. ABEPRO, Brasil, 2017.

AZUMA, R.T.A. **Survey of augmented reality**. Teleoperators and virtual environments, V.6, 2006.

AZUMA, Ronald T. A survey of augmented reality. **Presence: teleoperators & virtual environments**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

BANKS, J., J. S. CARSON, II; B. L. Nelson. **Discrete-Event System Simulation**, Second Edition, Prentice Hall, 1996.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70 ed. São Paulo, 2016.

BAR-ZEEV, Avi; LEWIS, John. Automatic variable virtual focus for augmented reality displays. **U.S. Patent n. 9,292,973**, 22 mar. 2016.

BATEMAN, R.E. et al. **Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BEHRENDT, A. et al. Industry 4.0 demystified–lean’s next level. **Retrieved March**, v. 3, p. 2017.

BELLALOUNA, F. The Augmented Reality Technology as Enabler for the Digitization of Industrial Business Processes: Case Studies. **Procedia CIRP**, v. 98, p. 400-405, 2021.

BERTO, R.M.V.S., NAKANO, D. N. A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. **Produção**, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BESSA, J. S. **Prototipagem Rápida: engenharia do produto**. Monografia (Produção). São Paulo (SP): Faculdade de Pitágoras, 2015.

BILLINGHURST, Mark. Augmented reality in education. **New horizons for learning**, v. 12, n. 5, p. 1-5, 2002.

BITKOM, V. D. M. A. ZVEI: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0, Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. **Plattform Industrie**, v. 4, p., 2015.

BOETTCHER, Maicon. Revolução Industrial-Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. **LinkedIn Maicon Boettcher**, v. 26, 2015.

BRADSKI, Gary R.; MILLER, Samuel A.; ABOVITZ, Rony. Methods and systems for creating virtual and augmented reality. **U.S. Patent n.** 10,203,762, 12 fev. 2019.

BUYYA, R., YEO, C. S., VENUGOPAL, S., BROBERG, J.; BRANDIC, I. Cloud computing and emerging it platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. **Future Gener. Comput. Syst.**, 25(6):599–616, 2009.

CADAVIECO, J. F.; GOULÃO, M. de F.; TAMARGO, M. A. G. Melhorar a atratividade da informação através do uso da Realidade Aumentada. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 37-50, mar. 2014. Fap UNIFESP. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-99362014000100004>.

CANONGIA, C.; MANDARINO JÚNIOR, R. Segurança cibernética: o desafio da nova Sociedade da Informação. **Parcerias Estratégicas**, v. 14, nº 29, p. 21-46, jul-dez 2009.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: **Encontro Internacional De Produção Científica**, 7. 2011. Maringá. Anais eletrônico. Maringá. 2011. Disponível em:<
https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wpcontent/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf>.

CEDRO, C. C.; BETINI, R. C. Avaliação da acessibilidade em tecnologias assistivas baseadas em realidade aumentada através de um modelo preditivo USAR. In: **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica CBEB. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Pr.** 2014.

CHANG, G.; MORREALE, P.; MEDICHERLA, P. Applications of augmented reality systems in education. In: **Society for Information Technology & Teacher Education International Conference**. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). p. 1380-1385, 2010.

CHATFIELD, T. **Como aproveitar ao máximo a era digital**. (J. Henriques, Trad.) Alfragide : Lua de Papel, 2012.

CHEN, Y. et al. An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1237, 2019.

CHENG, G. J.; LIU, L. T.; QIANG, X. J.; LIU, Y. Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. *Proceedings – 2016. International Conference on Information System and Artificial Intelligence*, ISAI 2016: 407–10, 2017.

CHIEN, C.-F.; KUO, R.-T. Beyond make-or-buy: cross-company short-term capacity backup in semiconductor industry ecosystem. **Flex. Serv. Manuf. J.**, vol. 25, no. 3, pp. 310–342, 2013.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. Editora Cortez, 2018.

- CIMA. Automação. **O que são robôs colaborativos?** 2017. Disponível em: <<https://blog.cimautomacao.com.br/o-que-sao-robos-colaborativos/>>. Acesso em 15 de junho de 2022.
- CIPRESSO, P. et al. The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Front. Psychol.*, v. 9, n. 06, nov. 2018.
- CIRIBELLI, M. C. **Projeto de pesquisa: um instrumental da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2000.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração** -12ª Edição. McGraw Hill Brasil, 2016.
- CORALLO, A.; LAZOI, M.; LEZZI, M. Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts. **Computers in industry**, v. 114, p. 103165, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019>.
- CORDEIRO, G. A.; ORDONEZ, R. E. C.; FERRO, R.; NICOLELA, P. B.; STELLA, B. C. Etapas para implantação da indústria 4.0: uma visão sob aspectos estratégicos e operacionais. **XXXVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção - ABEPRO**, Brasil, 2017.
- CORRÊA, D.; BOCCHINI, B. Ataque hacker global afeta órgãos de governo e da justiça no Brasil, em 12/05/2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-05/ataque-hacker-global-afeta-orgaos-de-governo-e-entidades-no-brasil> . Acesso em: 15 de março de 2022.
- CYBERSECURITY AND INFRASTRUCTURE SECURITY AGENCY. What is Cybersecurity? Arlington: 2009. Disponível em: <https://www.cisa.gov/uscert/ncas/tips/ST04-001>
- CUOGO, F. C. **Reflexo da Terceira Revolução Industrial na sociedade informacional e sua relação com a educação à distância**. Conclusão de curso, Universidade Regional do Noroeste de Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI, 2012.
- CULMONE, C.; SMIT, G.; BREEDVELD, P. Additive manufacturing of medical instruments: A state-of-the-art review. **Additive Manufacturing**, v. 27, p. 461-473, 2019.
- DE SOUZA, G.S.; DOS SANTOS, A. R.; DIAS, V. B. **Metodologia da Pesquisa Científica: A Construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizado**. Editora Animal, 2013.
- DEVI, P. S. **Research Methodology: A Handbook for Beginners**. Notion Press, 2017.
- DE PÁDUA, E.M.M. **Metodologia da Pesquisa: Abordagem Teórico-Prática**. Papirus Editora, 18ª ed., 2019.
- DIAS, C. L. S. **Computação em Nuvem**. Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento – ICPD, 2013.

DINI, G.; MURA, M. D. Application of augmented reality techniques in through-life engineering services. *Procedia CIRP*, v. 38, p. 14-23, 2015.

DOS SANTOS, A.F.; DE JESUS, G.G.; BATTISTI, I. K. Entrevista Semi-Estruturada: Considerações Sobre Esse Instrumento Na Produção De Dados Em Pesquisas Com Abordagem Qualitativa. **XXIX Seminário de Iniciação Científica**, 2021.

DUNLEAVY, Matt; DEDE, Chris; MITCHELL, Rebecca. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, v. 18, p. 7-22, 2009.

ESTÉVEZ, Ricardo. “**Lós 9 pilares de la Indústria 4.0**”. 2016. Disponível em:<
<http://www.ecointeligencia.com/2016/06/9-pilares-industria-40-1/>>

EUSÉBIO, R. da T. **A Simulação na Indústria 4.0: Principais Conceitos e Abordagens**. Universidade de Aveiro, 2019.

FACCIONI FILHO, M. Designing “things” for the Internet of Things. In: **I CONGRESSO INTERNACIONAL, I; WORKSHOP DESIGN & MATERIAIS**, VII, 2016, São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2016.

FILIPPINI, R.; VOSS, C. Editorial. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 17, n. 7, p. 653-654, 1997.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FIEBE. “Realidade Aumentada”. 2016. Disponível em: [SENAI CIMATEC SENAI CIMATEC \(fieb.org.br\)](http://www.senai.br/cimatec) . Acesso em: 03 de janeiro de 2022.

FONSECA, R. C. V. da. **Metodologia do trabalho científico**. 2012.

GALANA, S. C., SILVA, R. R. P. C. L., KIRNER, C. Autoria colaborativa de mundos virtuais educacionais com realidade misturada. **Anais do 1 Workshop de Realidade Aumentada**, Piracicaba, SP, maio de 2004, p. 17-20.

GALDINO, N. Big Data: Ferramentas e Aplicabilidade, **XIII SEGET**, 2016.

GARCIA, P. **Robôs Autônomos**. 2016. Disponível em:
<https://pedrogarcia12av1.wordpress.com/about/robos-autonomos/> . Acesso em: 22 de abril de 2022.

GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. São Carlos. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, 2003.

GHAREGOZLOU, Matthew. **A nova Indústria 4.0 e os velhos desafios da integração de sistemas**. 2016.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real**. Penso Editora, 2012.

GIBBS, Graham. **Análise de dados qualitativos**. Artemed Editora S.A., 2009.

- GOES, Nuno. Cibersegurança na Indústria Nacional. Robótica. **Porto: CIE**, n. 114, p.56-62, jan./mar. 2019. Disponível em: http://www.robotica.pt/PDF/ROB114/dossier_.pdf.
- GONÇALVES, H. de A. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 2.ed. Avercamp, 2014.
- GRÖNROOS, C. Marketing: gerenciamento e serviços. 13 ed. Rio de Janeiro: Campos, 1993.
- HAJIRASOULI, A.; BANIHASHEMI, S. Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 19, n. 39, jul. 2022.
- HAYES, B. E. **Medindo a Satisfação do Cliente**. Rio de Janeiro: Qualilitymark, 2001.
- HERPICH, F., NUNES, F. B., PETRI, G., TAROUÇO, L. M. R. (2019). How Mobile Augmented Reality is applied in Education? A systematic literature review. **Creative Education**, 10 (7), pp. 1–39.
- HOBBSAWM, Eric. “Trajetória do Movimento Operário”. **In: REVISTA TRABALHADORES**. Prefeitura Municipal de Campinas, 1989. n. ° 2.
- HOFFMAN, K. D.; BATESON, J. E. G. Princípios de marketing de serviços: conceitos, estratégias e casos. São Paulo: Pioneira, 2006.
- HOWELL, E. (2017). Pokémon GO: Implications for Literacy in the Classroom. **The Reading Teacher**, 70(6), 729–732, 2017. Disponível em:10.1002/trtr.1565
- INDUSTRIE 4.0. **Final report of the Industrie**, v. 4, n. 0, 2013. Disponível em: <https://www.esds.co.in/kb/what-is-cloud-computing/>
- ISA DISTRITO 4. “**Industria 4.0 & IIoT**”. 2015. Disponível em: < <http://www.isadistrito4.org.br/grupos/industria40/>> . Acesso em: 20 de maio de 2022.
- ISDALE, J. **Augmented Reality**. 2000. Disponível em: http://vr.isdale.com/vrTechReviews/AugmentedReality_Nov2000.html
- ISMAIL, S.; MALONE, M. S.; GEEST, Y. V. **Organizações Exponenciais**. HSM Editora, 2015.
- INSLEY, S., **Obstacles to General Purpose Augmented Reality**, 2003. Disponível em: <http://islab.oregonstate.edu/koc/ece399/f03/final/insley2.pdf>
- JAEHNE, D. M. et al. Configuring and operating global production networks. **Int. J. Prod. Res.**, vol. 47, no. 8, pp. 2013–2030, 2009.
- JIANG, S. et al. Augmented Reality in Science Laboratories: Investigating High School Students’ Navigation Patterns and Their Effects on Learning Performance, v. 60, n. 3, ago. 2021.
- JO, D.; KIM, G. J. An enabled IOT for a smart and interactive environment: A survey and future directions. *Sensors*, v. 19, p. 4330, 2019.

KAGERMANN, Henning. Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In: **Management of permanent change**. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015. p. 23-45.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Securing the future of German manufacturing industry**: Recommendations for implementing the strategic initiative. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013.

KARAPATIS, N. P.; VAN GRIETHUYSEN, J. P. S.; GLARDON, R. Direct Rapid Tooling: a review of current research. **Rapid Prototyping Journal**, vol. 4, n. 2, p.77-89, 1998.

KAUFMANN, H. SCHMALSTIEG, D. "Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality", Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, **ACM SIGGRAPH 2002**, San Antonio, Texas, 2002, pp. 37-41.

KAWASHIMA, Takashi et al. Magic paddle: A tangible augmented reality interface for object manipulation. In: **Proc. of ISMR2001**. 2001. p. 194-195.

KHAN, A.; TUROWSKI, K. A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0. In: **Proceedings of the First International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’16)**. Springer International Publishing, p. 15-26, 2016.

KAUFMANN, H. **The potential of augmented reality in dynamic geometry education. 12th International**, 2006.

KERAWALLA, L., LUCKIN, R., SELJEFLOR, S., & WOOLARD, A. (2006). “Making it real”: exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. **Virtual Reality**, 10(3), 163–174

KLETTEMBERG, J. S., TORI, R., & HUANCA, C. M. (2021). Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, 29, 827-845. DOI: 10.5753/RBIE.2021.29.0.827

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Fundamentos de realidade aumentada. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, v. 1, p. 22-38, 2006.

KIRNER, C.; ZORZAL, E. R. Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos com Realidade Aumentada. Workshop em Informática na Educação (sbie) 2005 - **XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE - UFJF – 2005**.

KLOSS, C. T. **A Realidade Aumentada na Educação**: Uma pesquisa do tipo estado da arte. 2020.

KON, F.; SANTANA, F. Z. Cidades Inteligentes: Conceitos, Plataformas e desafios. **JAI -Jornada de Atualização em Informática**. CSBC, 2016.

- KOPETZ, H. Internet of things. In **Real-time systems**. Real-time systems series. (pp. 307–323). Boston: Springer, 2011.
- JACQUES, R., PREECE, J. & CAREY, T. (1995). “Engagement as a Design Concept for Multimedia”. **Canadian Journal of Educational Communication (CJEC)**, 24(1), pp. 49–59.
- KELLER, J. (1987). “Development and use of the ARCS Model of Instructional Design”. **Journal of Instructional Development**, 10(2), pp. 2–10.
- LEE, K. **Augmented Reality in Education and Training**. TechTrends v.56, n.2, p.13, Mar/Abr, 2012.
- LTE MAGAZINE. “**The Internet of Things**”. 2016. Disponível em: <<http://lte.ma/theinternet-of-things>>. Acesso em: 03 de março de 2022.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 226 p.
- MARIA, A. (1997) **Introduction to modeling and simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference**.
- MENA-VARGAS, Y. A. et al. Application of augmented reality as a means of interdisciplinary learning. *Scientia Et Technica*, v. 24, n. 3, pp. 479-489, 2019.
- MENDONÇA DE SÁ, J. M. **O Impacto da Terceira Revolução Industrial no Sistema de Ensino: Evolução e Constrangimentos**. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2020.
- MELL, P.; GRANCE, T. (2009). **Draft NIST Working Definition of Cloud Computing**. National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing> .
- MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C. From the Internet of Computers to the Internet of Things. In: **From active data management to event-based systems and more**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 242-259. MICROSOFT. O que é computação em nuvem”. 2016. Disponível em: [What Is Cloud Computing? A Beginner’s Guide | Microsoft Azure](#). Acesso em: 12 de abril de 2022.
- MIGUEL, P.A.C. **Estudo de Caso na Engenharia de Produção: Estruturação e Recomendações para sua condução**. Scielo Brazil, 2007.
- LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de Arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, p. 158-171, 2015.
- LIMA FILHO, P. R. S; MARQUES, R.V. D. A. Perspectivas sobre o Aprendizado na Óptica de Estudantes de Medicina: Análise do Impacto de Transição Curricular. **Revista brasileira de educação médica**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 87- 94, jun. 2019.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. **Em Aberto**, v. 5, n. 31, 1986.

LU, H.; LI, Y.; CHEN, M.; KIM, H.; SERIKAWA, S. Brain intelligence: go beyond artificial intelligence. **Mobile Networks and Applications**, v. 23, n. 2, p. 368-375, 2018.

MAGALHÃES, R; VENDRAMINI, A. Os impactos da quarta Revolução Industrial. **GVExecutivo**, v. 17, n. 1, 2018.

MAGRANI, Eduardo. **A Internet das Coisas**. FGV, DIREITO RIO EDITORA, 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Metodologia científica. 5ª edição. **São Paulo: Atlas**, 2007.

MARGETIS, G.; ZABULIS, X.; KOUTLEMANIS, P.; ANTONA, M.; STEPHANIDIS, C. “Augmented interaction with physical books in an Ambient Intelligence learning environment” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 67, no. 2, 473–495, 2012.

MARION, J. C.; DIAS, R.; TRALDI, M. C. **Monografia para os cursos de administração, contabilidade e economia 2002**. São Paulo: Atlas.

MARSON, M. D. A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960. **Nova Economia**, v. 24, p. 685-710, 2014.

MARTINS, V. F.; GUIMARÃES, M. P. Desafios para o uso de Realidade Virtual e Aumentada de maneira efetiva no ensino. In: **Desafie! - I Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação - XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**, 2012, Curitiba.

MAYRING, Philipp. **Introdução à pesquisa social qualitativa: uma introdução para pensar qualitativamente**, 2002.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 2005.

MILGRAM, P. et. al. (1994) “Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum”. **Telem manipulator and Telepresence Technologies**, SPIE, V.2351, p. 282-292.

MOREIRA, Jean P. A. (2012) **Realidade Virtual e Aumentada Aplicada em Marketing**. (Monografia). Universidade Estadual de Goiás.

MONARD, M. C.; BARANAUKAS, J. A. **Aplicações de Inteligência Artificial: Uma Visão Geral**. São Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos, 2000.

MONTEIRO, N. A.; SILVA, M. da G.. **O que dizem as políticas públicas educacionais sobre as tecnologias para a educação?**. 2016.

MORAIS, R. R.; MONTEIRO, R. A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: um ensaio. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS**,

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 5., 2016, São Paulo. Anais... São Paulo, 2016.

MUNARETTO, L. F.; CORRÊA, H. L.; DA CUNHA, J. A. C. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, vol. 6, núm. 1, enero-marzo, 2013, pp. 9-24.

NUNAN, D. **Research methods in language learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

OETTINGER G., **Europe's future is digital**, (2015). Disponível em: "ec.europa.eu/commission/2014-2019/oettinger/announcements/speechhannover-messe-europes-future-digital_en". Acesso em janeiro/2021.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Editora Vozes, 2007.

OLIVEIRA, Bruno de. **Com a nuvem, indústria aproximou pequenas empresas das ferramentas de projetos**. 2015. Disponível em: //economia.estadao.com.br/noticias/negocios,com-a-nuvem-industriaaproximou-pequenas-empresas-das-ferramentas-de-projetos,1662323> Acesso em 11 de abril de 2022.

OLIVEIRA, F. T. O; SIMÕES, W. L. A INDÚSTRIA 4.0 E A PRODUÇÃO NO CONTEXTO DOS ESTUDANTES DA ENGENHARIA. **Simpósio de Engenharia de Produção Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão** 09 a 11 de agosto, Catalão, Goiás, Brasil, 2017.

OLSHANNIKOVA, E.; OMETOV, A.; KOUCHERYAVY, Y.; OLSSON, T. Visualizing Big Data with augmented and virtual reality: challenges and research agenda. **Journal of Big Data**, 2(1), 22, 2015.

PATEL, K. K.; PATEL, S. M. Internet of Things-IOT: de Añition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. **International Journal of Engineering Science and Computing**, v. 6, n. 5, p. 6122-6131, 2016.

PAULINS, V.A. An analysis of customer service quality to college students as influenced by customer appearance through dress during the in-store shopping process. **Journal Retailing Consumer Service**, v. 12, p. 345-355, 2005.

PEDERNEIRAS, G. **Integração entre sistemas na Indústria 4.0**. Ind 4.0 Manufatura Avançada, 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17953-integracao-entre-sistemas-na-industria-40>. Acesso em: 15/12/2021.

P. CHEN; LIU, Xiaolin; CHENG, Wei; HUANG, Ronghuai. A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. **Springer Science+Business Media Singapore**, 2017 E. Popescu et al. (eds.), Innovations in Smart Learning, Lecture Notes in Educational Technology, DOI 10.1007/978-981-10-2419-1_2

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. **Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0**, 2017.

- PSICOLOGIA E COTIDIANO. “Trabalho Alienado”, 2009. Disponível em: [Trabalho Alienado ~ Psicologia & Cotidiano \(outroraciocinio-psicologiaecotidiano.blogspot.com\)](http://Trabalho Alienado ~ Psicologia & Cotidiano (outroraciocinio-psicologiaecotidiano.blogspot.com)). Acesso em 01/11/2021.
- PRINCE, M. (2004). “Does active learning work? A review of the research”. **Journal of Engineering Education**, 93(3), pp. 223–232.
- PRISECARU, P. (2016). **Challenges of the Fourth Industrial Revolution. Knowledge Horizons. Economics**, 8(1), 57-62. Retrieved from <https://search-proquest-com.ezproxy.libraries.udmercy.edu:2443/docview/1793552558?accountid=28018>
- PORTAL IG. **Google vai usar realidade aumentada para gamificar mapas no estilo Pokemon Go**. Disponível em: <<https://tecnologia.ig.com.br/2018-05-09/google-maps-pokemon-go.html>>. Acesso em 14 de junho de 2022.
- PORTER, M.; J. E. Heppelmann. 2014. “How Smart, Connected Products are Transforming Competition.” **Harvard Business Review** 92: 64–88.
- PORTER, M. E. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 515 p.
- PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Editora Feevale, 2013.
- RADU, I. (2014). **Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. Personal and Ubiquitous Computing**, 18(6), 1533–1543.
- RODRIGUES, A. R.; BRAGHINI JUNIOR, A.; DE SOUZA, A. F.; BRANDÃO, L. C.; SILVEIRA, Z. C. **Desenho Técnico Mecânico: do planejamento do produto ao controle de qualidade**. Rio de Janeiro (RJ): Campus/Elsevier Brasil, 2014.
- ROMANO, V. F; DUTRA, M. S. **Introdução à Robótica Industrial**, 2016.
- ROMANO, Simone Maria Viana. **Realidade Aumentada Aplicada à Medicina**. Fatef, 2010.
- RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.
- RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: **The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.
- SAGIROGLU, S.; SINANC, D. Big data: A review. **International Conference on Collaboration Technologies and Systems - CTS**, 2013. Disponível em: 10.1109/cts.2013.6567202
- SALMI, H.; KAASINEN, A.; KALLUNKI, V. “Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality: visualising the invisible in science centres and schools for teacher education” vol. 45, 284–295, 2012.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTIN, R. et al. Ações interativas em ambientes de Realidade Aumentada com ARToolKit, Proc. Of VII Symposium on Virtual Reality, SP.

SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria a prática. Minicursos SBRC - **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2016.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A.; CELES, C. S.; BORGES NETO, J. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; LOUREIRO, A. A. **Internet das coisas: da teoria à prática**. 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>.

SILVA, M. C. A. da.; GASPARIN, J. L. **A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira**, 2015.

SCHWAB. K. **A Quarta Revolução Industrial [livro eletrônico]**. Tradução Daniel Moreira Miranda. – Edipro, São Paulo, 2019.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. Editora Cortez, 2017.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise De Conteúdo: Exemplo De Aplicação Da Técnica Para Análise De Dados Qualitativos. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280 Vol.17. No 1 (2015).

SILVA, M. R. dos S. **Tecnologias digitais associadas à Indústria 4.0 na formação profissional: um estudo de caso no CCET/UFS**. São Cristóvão, SE, 2018. Monografia (Graduação em Administração) – Departamento de Administração, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

SILVEIRA, C. B.; LOPES, G. C. **O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems, 2017.

SINGH, S.; SINGH, N. Internet of Things (IoT): Security challenges, business opportunities & reference architecture for E-commerce. **Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)**, International Conference on, p. 1577-1581, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7380718>.

SILVA, C.E.S. et al. **Contribuição da análise do valor da simulação da manufatura**. 2007.

SOUZA, S. R. L. S. Augmented reality in education for industry 4.0: What are the barriers to adoption? *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 1, p. 481-505, 2023.

STYLIANIDOU, N., SOFIANIDIS, A., MANOLI, E., MELETIOU-MAVROTHERIS, M. (2020). “Helping Nemo!”— Using Augmented Reality and Alternate Reality Games in the Context of Universal Design for Learning. **Education Sciences**, 10(4), 95. doi: 10.3390/educsci10040095

SOUZA, S. R. de L. S. ; WINKLER, I.; LORDELO, S. N. de B. Barreiras para adoção de ferramentas educacionais baseadas em realidade aumentada: uma revisão da literatura. V **SIINTEC – Sompósio Internacional de Inovação e Tecnologia**, 2019.

SOUZA, D. S. D. **Estudo da aplicação de um sistema IoT baseado no protocolo de comunicação MQTT a área da robótica industrial**, 2018. Disponível em: <http://clyde.dr.ufu.br/handle/123456789/24847>.

STEWART, Duncan. **3D printing growth accelerates again: TMT Predictions**. Deloitte, 2019.

SCHOENHERR, S. **The Digital Revolution**. London: Press, 2004.

TAURION, Cezar. **Big Data**. Rio de Janeiro: Brasport, 2013.

TAYLOR, F. **The Principles of Scientific Management**. London: Forword, 2014.

TAKAKUWA, S.; VEZA, I.; CELAR, S. Industry 4.0, In Europe And East Asia. In: **29th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation**, 2018.

THALES GROUP. **Industry 4.0 at Thales: Virtual and Augmented Reality**, 2016.

THOMPSON, E.P. **A Formação da Classe Operária Inglesa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1989. V. 1.

TORI, R., & da Silva HOUNSELL, M. (2018). **Introdução a realidade virtual e aumentada**. *Interação*, 7, 11.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Editora SBC, 2006.

TOTAL IMMERSION, **Augmented Reality Technology to the Service of Industrial Maintenance**, 2016.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; SANTOSH, B. Industry 4.0 – A Glimpse. **2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering**. India 2018.

VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Parashant; BHOSLE, Santosh. Industry 4.0 – A Glimpse. **2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering**. Elsevier, 2018.

VALLONE, Giuliana. **Robôs que trabalham lado a lado com operários chegam à indústria do país**. 2015. Disponível em:< <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/08/1672335-robos-que-trabalham-lado-a-lado-com-operarios-chegam-a-industria-do-pais.shtml>>. Acesso em: 14 de junho de 2022.

VAYRE, B.; VIGNAT, F.; VILLENEUVE, F. Designing for additive manufacturing. **Procedia CIRP**, Vol. 3 No. 1, pp. 632-637, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2012.07.108>

- VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: uma visão da automação industrial**. Automação Industrial, nov. 2017. Disponível em: < <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em: 13 de junho de 2022.
- VERVE INDUSTRIAL PROTECTION. **The State of OT Cyber Security**. Missouri, 2020. Disponível em: <https://aaindustrial.com/resources/ebook/ebook-the-state-of-otcyber-security/>. Acesso em 24 mai. 2020.
- VERMESAN, O.; FRIESS, P. Internet of Things—From Research and Innovation to Market Deployment. **River Publishers**, Aalborg., 2014.
- VOLPATO, N. et al. **Introdução a Manufatura Aditiva ou Impressão 3D**, 2018.
- VOLPATO, N. **Manufatura Aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo (SP): Edgard Blücher, 2017.
- WALL, M. L.; PRADO, M. L.; CARRARO, T. E. **A experiência de realizar um estágio docência aplicando metodologias ativas**. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 515-519, 2008.
- WANGID, M., RUDYANTO, H., & GUNARTATI, G. **The Use of AR-Assisted Storybook to Reduce Mathematical Anxiety on Elementary School Students**, 2020.
- WANDERLEY, A. J; MEDEIROS, A. F; SILVA, K. S; FILHO, M. F. S. **Aprendizagem Interativa: Uma Análise do Uso da Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Jogos Educacionais**. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Patos – PB, Brasil, 2011.
- WESTKÄMPER, E. **Towards the re-Industrialization of Europe. A concept for manufacturing for 2030**, Berlin: Springer, 2014.
- WU, Hsin-Kai; LEE, Silvia Wen-Yu, CHANG, Hsin-Yi; LIANG, Jyh-Chon. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. **Computers & Education** 62 (2013) 41–49.
- WOJCIECHOWSKI, R. e CELLARY, W. “**Computers & Education Evaluation of learners attitude toward learning in ARIES augmented reality environments**” 1–16, 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. Bookman ed. 2015.
- YILMAZ, O. Augmented Reality in Science Education: An Application in Higher Education. *International Journal of Education*, v. 9, n. 3, pp. 136-148, 2021.
- YUN, S. T. et al. A Review of Augmented Reality for Informal Science Learning: Supporting Design of Intergenerational Group Learning. *Visitor Studies*, v. 26, 2023.
- ZEITHAML, V.A.; PARASURAMAN, A. & BERRY, L.L. (1990) - **Delivering quality service: balancing customer perceptions and expectations**. New York: Free Press.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. T. 2017. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering** 3(5): 616–30, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>.

ZIKOPOULOS, P; DE ROOS, D; PARASURAMAN, K; DEUTSCH, T; GILES, J; CORRIGAN, D. **Harness the power of Big Data- The IBM Big Data Platform**. Emeryville: McGraw-Hill Osborne Media, 2012.

APÊNDICE

Modelo de roteiro de entrevista semiestruturada aplicada aos alunos e professores.

ROTEIRO DE ENTREVISTA

Realidade Aumentada na Educação

Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

1. Qual tipo de preparação você acha que precisa para se sentir apto a usar um aplicativo de Realidade Aumentada? (descobrir o nível de dificuldade até o usuário aprender a usar). (**aprendizibilidade**)
2. Como você julga a forma de usar aplicativos de Realidade Aumentada? Descreva como você se sentiu com relação à operacionalização/manuseio deste tipo de aplicativo. (**operabilidade**)
3. Quão difícil foi para você entender a interface e a linguagem das ferramentas de Realidade Aumentada? (**acessibilidade**)
4. Na sua percepção, até que ponto utilizar a Realidade Aumentada (RA) auxilia na prevenção de erros no processo educativo? (**prevenção de erros**)
5. Como você avalia o design/interface dos aplicativos de RA que você já utilizou? (**estética**)
6. Quais pontos fortes ou pontos fracos você pôde perceber após utilizar a RA na aprendizagem? (**aceitabilidade**)
OU
7. Na sua visão, de que maneira as simulações de aplicativos de Realidade Aumentada auxiliaram na aprendizagem teórica e prática? (**aceitabilidade**)
8. Descreva como se sente em relação a sua participação e envolvimento durante as práticas de realidade aumentada. (**envolvimento**)
9. Quais foram as principais novidades identificadas por você durante as aulas utilizando a RA? (**novidade**)
10. Com relação à atenção focada, como você se sentiu durante a utilização da Realidade Aumentada durante as aulas? (**atenção focada**)

11. Quão importante você julga a aplicação da Realidade Aumentada para a aprendizagem do conteúdo educacional? (**relevância**)
12. Na sua perspectiva, de que forma a utilização da RA impactou na sua confiança e segurança quanto ao assunto estudado? (**confiança**)
13. Como você avalia sua experiência com o uso de aplicativos de RA no processo de aprendizagem? Quais foram seus sentimentos e conclusões sobre isso? (**satisfação**)
OU
14. Em relação à sua satisfação com o conteúdo estudado e a metodologia de aula, quais diferenças você pôde perceber após o uso da RA?
15. Na sua percepção, quão efetivo foi o aprendizado do conteúdo com a aplicação de RA? Como você acha que esse conteúdo poderá ser aplicado? (**Efetividade**)
16. Em relação ao sentimento de desafio, como foi sua experiência durante a utilização de aplicativos de realidade aumentada? (**desafio**)
17. Quais tipos de Feedback você já utilizou nos aplicativos de Realidade aumentada? (**feedback**)
18. Até que ponto você acha que o conteúdo aprendido por meio da RA pode ser aplicado em uma situação prática? (**Segurança**)
19. Até que ponto você acha que os aplicativos de RA que você já experimentou retrataram problemas da vida real? (**complexidade**)