



ORIENTADOR:

Prof. Dr. Augusto Cesar Barreto Rocha

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DOCAS
COM RECURSOS DA INDÚSTRIA 4.0:
ESTUDO DE CASO COM UMA INTERFACE
EM REALIDADE AUMENTADA E IOT EM
UMA FÁBRICA DE TELEVISORES.**

Eduardo Jorge Lira Antunes da Silva

**DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO
2022**

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DOCAS COM
RECURSOS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO
COM UMA INTERFACE EM REALIDADE
AUMENTADA E IOT EM UMA FÁBRICA DE
TELEVISORES.

Exame Final submetido ao Programa de Pós-Graduação
em Design da Universidade Federal do Amazonas para
a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Cesar Barreto Rocha.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Augusto Cesar Barreto Rocha
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Prof. Dr. Dalton Chaves Vilela Júnior
Universidade Federal do Amazonas (UFAM/FES)

Profa. Dra. Sheila Cordeiro Mota
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Ficha Catalográfica

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

D111s da Silva, Eduardo Jorge Lira Antunes
Sistema de monitoramento de docas com recursos da indústria 4.0 : estudo de caso com uma interface em realidade aumentada e IOT em uma fábrica de televisores / Eduardo Jorge Lira Antunes da Silva . 2022
103 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Augusto Cesar Barreto Rocha
Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Design de Interface . 2. Realidade Aumentada. 3. Indústria 4.0. 4. Usabilidade. I. Rocha, Augusto Cesar Barreto. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Design

FOLHA DE APROVAÇÃO

EDUARDO JORGE LIRA ANTUNES DA SILVA

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DOCAS COM RECURSOS DA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO COM UMA INTERFACE EM REALIDADE AUMENTADA E IOT EM UMA FÁBRICA DE TELEVISORES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Design, área de concentração Design, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico.

Aprovada em: Manaus, 6 de julho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha, Presidente.

Universidade Federal do Amazonas

Profa. Dra. Sheila Cordeiro Mota, Membro Interno.

Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Dalton Chaves Vilela Júnior, Membro Externo.

Universidade Federal do Amazonas



Documento assinado eletronicamente por **Sheila Cordeiro Mota, Professor do Magistério Superior**, em 22/09/2022, às 13:17, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Augusto Cesar Barreto Rocha, Professor do Magistério Superior**, em 26/09/2022, às 08:26, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Chaves Vilela Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 30/09/2022, às 14:58, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1175620 e o código CRC 45F92BD9.

Av. Octávio Hamilton Botelho Mourão - Bairro Coroado 1 Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte - Telefone: (92) (92) 3305-1181 / Ramal 2600
CEP 69080-900 Manaus/AM - ppgd@ufam.edu.br

“Existe apenas um bem, o saber, e apenas um mal, a ignorância.” (Sócrates)

Agradecimentos

Agradeço à Universidade Federal do Amazonas, por proporcionar a mim e a tantos outros que precisam da estrutura necessária para o desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Design – PPGD por todos os aprendizados e motivações para que eu pudesse me desenvolver como pesquisador.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Augusto Rocha pela disponibilidade, parceria, pelos inúmeros ensinamentos e por me incentivar a continuar na caminhada nos momentos de desânimo.

À minha família, que sempre me apoiou incondicionalmente na construção da minha formação acadêmica.

Ao meu querido pai (i.m.), que me ensinou a ser íntegro e corajoso em frente aos desafios que a vida possa me apresentar.

À minha querida mãe, que me apoiou em todas as minhas decisões e que tanto lutou para que eu pudesse estar concluindo este mestrado.

Também quero expressar minha gratidão aos amigos que me acompanharam nessa trajetória e sempre me incentivaram a não desistir. Ao amigo José Carlos Duarte, em especial, agradeço pela confiança e pelo primeiro incentivo para ingressar neste mestrado.

Além disso, como autor deste trabalho, sinto-me grato pelo apoio com bolsa de estudo durante o mestrado e por ter participado do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Samsung-UFAM de Ensino e Pesquisa (SUPER). Esse projeto contou com financiamento da Samsung, utilizando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), por meio do convênio 001/2020 firmado com a Universidade Federal do Amazonas e a FAEPI, Brasil.

Por fim, agradeço à empresa que disponibilizou ambiente real a realização da pesquisa, pois sem ela estes resultados não teriam sido possíveis. Seu nome não foi revelado por motivo de sigilos industriais, mas deixo aqui o registro.

Resumo

O constante avanço tecnológico colabora para que diversos setores da indústria possam se modificar e se atualizar frente às novas demandas de mercado. A Indústria 4.0 vem trazendo novos paradigmas que definem como a indústria deve se portar nesse novo cenário. A tecnologia de realidade aumentada (RA), como um dos pilares do conceito 4.0, possibilita novos meios de se adotar a tecnologia da informação e promover essa atualização. Apesar do grande potencial que esta possui, ainda faltam estudos específicos a respeito de construção de interfaces RA que sejam simples e eficazes, integrando-se às rotinas com fluidez. Considerando esse contexto, o objetivo desta dissertação é elaborar um protótipo de interface em RA para simplificar a gestão de docas de JIT (*Just in Time*) e por meio de Estudo de Caso verificar sua aplicabilidade em uma fábrica de televisores do Polo Industrial de Manaus. Para realização desta pesquisa, foi aplicado o método do Diamante Duplo para compreender o estado atual dos estudos sobre UX e UI e promover inovação na construção de uma interface em RA direcionada para uso na indústria. Os resultados contemplam a construção de um Sistema IoT e uma aplicação móvel com um Interface apropriada para o uso com RA.

Palavras-chave: *Design de Interface, Realidade Aumentada, Indústria 4.0.*

Abstract

The constant technological advancement contributes so that various sectors of the industry can change and update themselves to meet the new market demands. Industry 4.0 has been bringing new paradigms that define how the industry should behave in this new scenario. Augmented reality (AR) technology, as one of the pillars of the 4.0 concept, enables new ways to adopt information technology and promote this updating. Despite its great potential, there is still a lack of specific studies on the construction of simple and effective AR interfaces, integrating fluidly into routines. Considering this context, the objective of this dissertation is to elaborate an AR interface prototype to simplify the management of JIT (Just in Time) docks and, by means of a case study, verify its applicability in a television set factory in the Industrial Pole of Manaus. To conduct this research, the Double Diamond method was applied to understand the current state of studies on UX and UI and to promote innovation in the construction of an AR interface directed for use in industry. The results contemplate the construction of an IoT System and a mobile application with an appropriate Interface for use with AR.

Key words: *Interface Design, Augmented Reality, Industry 4.0*

Lista de Figuras

Figura 1. Design Experimental da Pesquisa.	19
Figura 2. Distribuição de referências conforme o tipo.	21
Figura 3. Distribuição temporal dos artigos	22
Figura 4. Linha do tempo das Revoluções	23
Figura 5. Expectativas dos Pontos Críticos.	25
Figura 6. Projeção dos pontos críticos em 2025.	26
Figura 7. Linha de Continuidade Realidade-Virtualidade.	28
Figura 8. Combinação de Elementos para Realidade Aumentada.	28
Figura 9. Estrutura de um Sistema de Realidade Aumentada.	29
Figura 10. Interação do SDK Vuforia com APIs externas.	32
Figura 11. Processo de Rastreamento RA.	33
Figura 12. Diagrama Ontológico do Design.	37
Figura 13. Modelo Diamante Duplo.	39
Figura 14. Técnicas utilizadas no DT.	40
Figura 15. Planos do framework de Garret.	41
Figura 16. Distribuição dos trabalhos selecionados por ano.	44
Figura 17. Países e publicações sobre o tema.	46
Figura 18. Fluxo da Pesquisa.	51
Figura 19. Fluxograma para Interfaces Digitais.	52
Figura 20. Planta baixa da fábrica de Televisores.	57
Figura 21. Localização dos pátios de carga da fábrica de televisores.	58
Figura 22. Doca JIT da fábrica de Televisores.	58
Figura 23. Esquema de comunicação no sistema IoT.	59
Figura 24. Esquema RFID com Arduino UNO.	60

Figura 25. Demonstração do experimento.	60
Figura 26. Matriz CSD da Pesquisa.	62
Figura 27. Persona Ideal: Guilherme Almeida.	63
Figura 28. Persona Média: Ricardo Santos.	64
Figura 29. Mapas de Empatia das Personas.	65
Figura 30. Mapas da Proposta de Valor.	66
Figura 31. Jornada do Usuário.	67
Figura 32. Blueprint de Serviço do Produto.	68
Figura 33. Prioridades das Personas.	69
Figura 34. User flow da Solução.	70
Figura 35. Wireframe da Solução.	71
Figura 36. Painel Semântico do produto.	72
Figura 37. Esquema IoT atualizado.	73
Figura 38. Sistema IoT Finalizado.	73
Figura 39. Interface da Engine Unity 3D com o projeto RA.	74
Figura 40. Sistema IoT instalado em uma doca física.	76
Figura 41. Representação da visualização do modelo 3D em RA.	76
Figura 42. Taxa de sucesso em cada Objetivo.	77
Figura 43. Eficiência da Aplicação RA.	79
Figura 44. Média de satisfação em relação aos Objetivos.	79
Figura 45. Quadro com Feedbacks e Ocorrências nos objetivos.	80
Figura 46. Tela Principal com presença de objetos RA.	81
Figura 47. Painel de Conexão com sistema IoT.	82
Figura 48. Painel de Informações da Doca.	82
Figura 49. Exemplo de notificação de alteração.	83
Figura 50. Sessões de Teste da proposta de Interface RA.	83
Figura 51. Gráfico do índice de Eficiência.	85

Figura 52. Logo Dock System AR. 86

Figura 53. BMC da solução Dock System AR. 88

Lista de Quadros e Tabelas

Quadro 1. Características de estudos sobre RA na Manutenção	31
Quadro 2. Estudos e aplicações de sistemas RA na indústria.	37
Quadro 3. Categorização da estrutura dos artigos selecionados.	46
Quadro 4. Tarefas do usuário nas sessões de testes.	76
Tabela 1. Número de artigos encontrados em cada base de dados.	44
Tabela 2. Análise de Desempenho da aplicação AR.	62
Tabela 3. Resultados de Eficácia da Aplicação.	74
Tabela 4. Resultados de Eficiência da Aplicação.	79
Tabela 5. Resultados de Eficiência da nova Interface.	85
Tabela 6. Relação de custos do sistema IoT.	87

Sumário

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 REALIDADE AUMENTADA E INTERFACES	18
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA	19
1.3 OBJETIVO	20
1.3.1 Objetivo Geral	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	20
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	21
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	24
2.2 INDÚSTRIA 4.0	25
2.2.1 Impactos da Indústria 4.0	27
2.3 REALIDADE AUMENTADA: DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO	29
2.3.1 Considerações Importantes	30
2.3.2 Desenvolvimento de Sistemas RA	33
2.3.3 Realidade Aumentada e Internet das Coisas	36
2.3.4 Aplicações da Realidade Aumentada na Indústria	37
2.4 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E O DESIGN DE INTERFACES	40
2.4.1 O Design Thinking no desenvolvimento de Software	41
2.4.2 Método de Garret para construção de interfaces	44
2.4.3 Interfaces de usuário voltadas para informação RA	44
2.5 ESTADO DA ARTE SOBRE INTERFACES RA	45
2.5.1 Principais estudos sobre interface e usabilidade RA	50

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	51
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	52
3.2 TIPOLOGIA DA PESQUISA	52
3.2.1 Quanto ao objetivo da pesquisa	52
3.2.2 Quanto às técnicas de pesquisa	53
3.2.3 Quanto ao método de Abordagem	53
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	54
3.4 Instrumentos de Coleta de Dados	55
3.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS	56
3.5.1 Análise de usabilidade da interface da aplicação RA	56
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
4.1 ANÁLISE DO PROCESSO DE GESTÃO DE DOCAS NA FÁBRICA	60
4.2 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DO SISTEMA IOT COM INTERFACE EM RA	62
4.2.1 RFID	62
4.2.2 Experimento de Função RA	63
4.3 PRIMEIRA ETAPA – DESCOBERTA	64
4.3.1 Matriz CSD	65
4.4 SEGUNDA ETAPA – DEFINIR	66
4.4.1 Personas	66
4.4.2 Mapa da proposta de Valor	70
4.4.3 Blueprint de Serviço e Jornada do Usuário	71
4.5 TERCEIRA ETAPA – DESENVOLVER	72
4.5.1 User Goals	72
4.5.2 User Flow	74
4.5.3 Wireframe	75
4.6 QUARTA ETAPA - ENTREGA	76
4.6.1 Construção do Sistema IoT	76
4.6.2 Desenvolvimento da Interface RA	78
4.7 APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NA FÁBRICA DE TELEVISORES	78

4.7.1	Análise dos Testes	81
4.8	A PROPOSTA DE INTERFACE RA	85
4.8.1	Teste de Usabilidade da Interface proposta	87
4.9	INSERÇÃO DO PRODUTO NO MERCADO	90
4.9.1	Custo de produção do sistema IOT	90
4.9.2	Canvas de Modelo de Negócio	91
5.	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES	92
6.	ANEXOS	97
7.	REFERÊNCIAS	99

CAPÍTULO 1

Introdução

Neste capítulo são apresentados os conceitos, características e aplicações da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) e sua contribuição no desenvolvimento de novas soluções no cenário industrial com a delimitação da pesquisa e definição dos objetivos.

*“O começo é a parte mais difícil do trabalho.”
(Platão)*

1.1 REALIDADE AUMENTADA E INTERFACES

Parte-se do pressuposto de que a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) possui um grande potencial para trazer avanços em diversos campos da indústria como redução de custos, aumento da precisão em manutenção e integração entre funções operacionais e as experiências imersivas, proporcionadas pelo uso dessa tecnologia possuem potencial para aumentar a eficiência de algumas operações. Assim, destacam-se oportunidades como a qualidade dos treinamentos e propósitos de manutenção. Todavia, dificilmente são verificadas soluções que possam ser adotadas em outros campos da atividade produtiva industrial, como processos logísticos e de gerenciamento. Nesse contexto, a tecnologia de RA pode ser definida como uma tecnologia de suporte que vem sendo implementada na indústria para aumentar a performance de trabalho, a fim de reduzir o tempo de realização e diminuir o custo de produção (RE, 2013).

Outra aplicação da RA, no campo da engenharia, está direcionada a *Building Information Modeling* (BIM) e a Interoperabilidade. Segundo Patti et al. (2017), os dispositivos RA quando conectados com sensores em construções podem apresentar, por uma interface de software, informações e parâmetros sobre o ambiente relacionados à energia, estrutura e proporcionar o gerenciamento dessas construções, com intuito de facilitar ajustes e planejar intervenções. Esse tipo de aplicação, apesar de estar direcionada para a área de engenharia e arquitetura, pode ser implementada no contexto da atividade fabril e logística de operações, uma vez que nestes setores é possível encontrar uma infinidade de processos que geram informações e constantemente necessitam de ações rápidas e integradas, além do gerenciamento de dados recorrentes. A interseção destes dois pontos, informação e o seu gerenciamento, é definida como Internet das Coisas (IoT), por permitir esta operação em dispositivos diversos, baratos e integrados com a internet. Esta por sua vez, com a união dos conceitos de integração e das tecnologias da informação e comunicação viabilizam a desejada interoperabilidade, com dispositivos de fácil acesso, tanto sem fio, quanto com fio (PATTI et al., 2017).

A RA vem ganhando grande interesse em diversos campos, como a manufatura na indústria aeroespacial, construção de navios e simuladores (JETTER et al., 2018). Em toda a cadeia de valor de um sistema de produção, as potenciais funções da adoção de RA incluem design, fabricação (montagem), marketing e vendas, operações, serviços (manutenção) e treinamento (CAMPBELL et al., 2017). No geral, prevê-se que a RA, juntamente com a RV (Realidade Virtual) desempenhem um papel decisivo na transformação digital da manufatura, que é um dos elementos fundamentais do ambiente industrial competitivo.

Estas implicações levam a um conceito que vem sendo discutido e desenvolvido dentro da manufatura, a Indústria 4.0. Em relação ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no cenário nacional, a

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2017) propôs cinco eixos buscando uma “manufatura avançada”, com base no programa de Indústria 4.0 alemão. Os eixos vão desde a criação de um programa brasileiro com a intenção de buscar acordos com organizações alemãs, montagem de uma rede de testes e simulação, criação e alinhamento de linhas de fomento e engajamento de pequenas e médias empresas. Desta forma, espera-se que o Brasil possa traçar um caminho em direção à adoção continuada, até a consolidação da Indústria 4.0 no parque industrial nacional.

Direcionado à área do Design de Interfaces existe um cenário de pesquisa amplo quando se trata da construção contemplando a tecnologia RA voltada para atividades produtivas. Apesar do número de pesquisas relacionadas a esta tecnologia ter crescido nos últimos cinco anos, foram pouco evidenciados estudos com respeito a usabilidade dessas aplicações e sobre a experiência do usuário final no cenário industrial (MERENDA et al., 2018).

Quando se trata da construção de interfaces em RA é necessário colocar em evidência o usuário e considerar fatores como familiarização com a tecnologia, manuseio de dispositivos, capacidade visual etc. Ademais, é necessário buscar a redução do número de informações presentes nas telas de determinadas aplicações. Os designers podem explorar tanto a visualização espacial quanto direcional para a construção das interfaces, mas devem considerar em quais situações a sua inclusão é adequada e segura (GABBARD et al., 2002; SEO et al., 2016; MERENDA et al., 2018).

Diante do deste cenário, há uma lacuna na literatura quanto à evidenciação acerca da construção de interfaces específicas para uso em RA voltada para a indústria, usuário e controle de dados, designadamente na modelagem da informação para a interoperabilidade em sistemas logísticos.

A premissa deste trabalho é solucionar problemas na concepção de aplicações em RA voltadas para o cenário industrial, buscando a consistência de interface e construindo uma melhor experiência para o usuário, realizando a sua integração com sensores e gerenciamento de dados em processos de desembarque de insumos.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Marconi & Lakatos (2003), a primeira etapa de uma pesquisa é a formulação do problema e este determinará a relevância do que se quer observar. “É o resultado de uma dificuldade, teórica ou prática, no conhecimento de alguma coisa de real importância, para a qual se deve encontrar uma solução”.

Partindo do pressuposto de que a tecnologia de RA vem se desenvolvendo constantemente e que ela é uma das tecnologias principais do conjunto denominado Indústria 4.0, e este cada vez

mais presente no ambiente industrial nacional, faz-se necessário encontrar alternativas adequadas para modificar etapas manuais. Este trabalho visa responder ao questionamento: de que forma uma interface em RA pode contribuir para melhorar o processo de planejamento e de desembarque de insumos em uma fábrica que adota o recebimento *Just In Time*?

Neste trabalho, considerou-se como interfaces em RA toda a interação de um elemento gráfico com o mundo real, com o uso da Internet das Coisas (IoT), que seja projetada no ambiente real e visualizado por meio de um dispositivo móvel.

1.3 OBJETIVO

Diante do problema de pesquisa exposto foram elaborados o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento e análise de uma proposta de interface em RA voltada para o gerenciamento de docas de JIT (*Just in Time*) de uma fábrica de televisores do Polo Industrial de Manaus.

1.3.2 Objetivos Específicos

A pesquisa, ainda, apresenta os seguintes objetivos específicos, que desdobram o objetivo geral:

- a) Apresentar estudos relacionados a construção de interfaces em RA no contexto da indústria;
- b) Desenvolver uma interface utilizando a tecnologia de RA que atenda as premissas de UX e UI;
- c) Aplicar a interface em RA por meio de um sistema IoT no processo de gerenciamento de docas de JIT de uma fábrica de televisores do Polo Industrial de Manaus.

Desta maneira, o presente estudo pode ser justificado tanto quanto ao interesse da comunidade acadêmica quanto à contribuição para as empresas no que diz respeito a melhorias nos processos logísticos. Ademais, vale destacar que este trabalho tem uma natureza interdisciplinar, uma vez que possui aspectos centrais no design, associando-se com elementos de hardware, software, computação e engenharia. Neste contexto, sua justificativa está apresentada a seguir.

1.4 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O avanço tecnológico e a necessidade de automatizar processos dentro da indústria trouxe o que é chamado de Indústria 4.0. A necessidade de se fazer inovação incentivou os estudos de novas

tecnologias que possibilitam a conexão entre sistemas e processos, temos então a adoção de IoT dentro da indústria em geral. Verifica-se que as empresas buscam se adaptar a este novo padrão que se caracteriza como *Smart Factory* a fim de atender às novas demandas que vieram a surgir (MICLOT et al., 2016). Para que uma fábrica se encaixe dentro deste conceito é necessário que ela possua, implementado em seus processos, as tecnologias da Indústria 4.0, dentre as quais a tecnologia de RA é uma delas.

Outro fator que contribuiu para realização desta pesquisa foi a lacuna percebida na literatura quanto à construção de interfaces apropriadas para a tecnologia de RA. Estudo, com características semelhantes, mas em contexto distinto, foi realizado por Videla et al. (2017). Sua pesquisa buscou estudar e implementar uma interface RA, em um ambiente educacional, a fim de identificar os principais déficits de usabilidade que essa tecnologia apresenta no ambiente de desenvolvimento móvel (“mobile”).

Esta pesquisa é ampliada ao revelar a contribuição do design de interfaces dentro do cenário industrial, como meio de possibilitar uma melhor familiarização com as principais tecnologias que compõem a Indústria 4.0, abrindo espaço para novas pesquisas dentro deste campo. Ademais, o mais valioso é que a tecnologia a ser desenvolvida objetivou a melhoria da operação e a interoperabilidade entre a chegada de insumos e a alimentação da fábrica exatamente na hora da necessidade.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo, que será detalhado, foi implementado por um Estudo de Caso, em uma fábrica de televisores localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM) e a interface proposta foi desenvolvida seguindo o método do Diamante Duplo (DESIGN COUNCIL, 2007) para garantir a característica de inovação e atender aos requisitos dos usuários. A escolha desta fábrica, deve-se ao fato desta investir em pesquisas relacionadas à melhora no processo logístico e da manufatura e por acessibilidade e disponibilidade para testes, sem custos. Assim, foi possível uma aproximação dos trabalhos realizados na universidade com o ambiente produtivo. Outro fator que contribuiu para a escolha desta está relacionado ao processo de gestão de docas, pois a empresa possui docas JIT (*Just in Time*) que são utilizadas com o objetivo de tornar mais rápido e eficiente o processo de recebimento de insumos, com uma dinâmica muito sensível ao tempo, com áreas de abrangência de difícil atuação rápida.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta pesquisa está estruturada em cinco capítulos, sendo o primeiro introdutório, onde o leitor encontrará a contextualização do tema de estudo, o problema proposto, os objetivos gerais e

específicos, os resultados esperados, a importância que a pesquisa possui, assim como suas delimitações.

No segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico contendo sustentação científica para se alcançar o objetivo proposto pela pesquisa. Primeiramente, são demonstradas as definições e aplicações da Indústria 4.0 no cenário industrial global e nacional, incluindo suas ferramentas e dificuldades de implementação. Em seguida, discorreu-se a respeito da tecnologia de RA, suas características e suas aplicações como um dos pilares da Indústria 4.0. Concluindo este capítulo, encontram-se reflexões a respeito do desenvolvimento de interfaces digitais que utilizam essa tecnologia e como os critérios de usabilidade são aplicados, bem como os estudos que abrangem este tema.

No capítulo seguinte, encontram-se os procedimentos metodológicos seguidos para alcançar o objetivo geral da pesquisa, sua caracterização quanto ao objetivo, a natureza, abordagem contemplada e os métodos estatísticos para análise dos dados, conforme os instrumentos de coleta utilizados, buscando responder à questão de pesquisa.

No último capítulo, estão apresentados os resultados obtidos e as conclusões contendo a síntese dos achados da pesquisa, suas limitações e propostas para continuidade do trabalho. Ao final, o leitor encontrará as referências e apêndices, contendo: tabelas e imagens conforme o fluxograma apresentado no Figura 1.



Figura 1. Design Experimental da Pesquisa.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

CAPÍTULO 2

Referencial Teórico

Neste capítulo é feito um levantamento bibliográfico entre Indústria 4.0, RA e Design de Interface, criando relações entre estes assuntos para definir parâmetros de caracterização de uma interface desenvolvida em RA, a partir de critérios de usabilidade.

*“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.
Mas o que seria o oceano se não infinitas gotas?”
(Isaac Newton)*

O referencial teórico desta pesquisa concentra-se em três grandes áreas. A primeira visa discutir a influência da Indústria 4.0 no ambiente industrial local e global. Para isso, foi necessário verificar a sua formação, suas características, seus pontos de impactos e suas projeções para o futuro.

Percebeu-se que para analisar seus impactos é necessário destacar as suas principais ferramentas e seus pilares. A tecnologia de Realidade Aumentada (RA) constitui um desses pilares. A identificação de suas aplicações potenciais na indústria facilita as construções de novas soluções que estejam de acordo com as premissas da Indústria 4.0.

Por fim, encontram-se discussões que compõem o estado da arte sobre a construção de interfaces digitais com a tecnologia de RA. Constatou-se, por meio de Revisão Sistemática da Literatura, que existe uma lacuna a respeito do desenvolvimento destas interfaces que levem em consideração a experiência do usuário no cenário industrial.

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Destacam-se como tipo de bibliografia utilizada na construção desta pesquisa, os artigos publicados em periódicos, compreendendo 80% das referências, seguido pelas dissertações e teses com 5%, demonstrado na [Figura 2](#).



Figura 2. Tipos de referências selecionadas.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dessa forma, esta pesquisa concentrou seu referencial em estudos publicados em bases científicas voltadas para tecnologia em geral, o que possibilitou definir o período dos estudos dentro de cinco anos e garantir a credibilidade da bibliografia selecionada.

Outro ponto a ser destacado refere-se à temporalidade das publicações de referências. Neste estudo 43 trabalhos utilizados estão dentro do período de tempo de cinco anos compondo 39,4% de todo referencial e apenas 18,3% dos estudos selecionados possuem mais de dez anos.

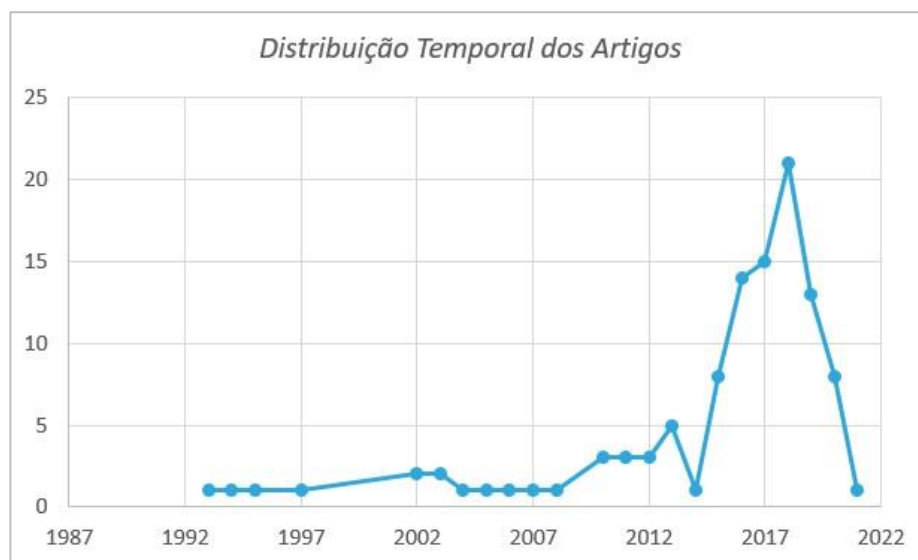


Figura 3. Distribuição temporal dos artigos
Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.2 INDÚSTRIA 4.0

A primeira revolução Industrial começou entre 1760 e 1840 na Inglaterra, trazendo a substituição progressiva dos métodos artesanais por máquinas e ferramentas e adotando o carvão como energia alternativa à madeira, além de outros biocombustíveis, decorrente do uso crescente da energia do vapor. Esta alteração nos processos produtivos teve consequências significativas na economia e na sociedade. Cenários comuns como a autonomia de um artesão em relação ao seu controle de processo produtivo, desde a exploração da matéria-prima até à comercialização do produto, foram substituídos por um patrão que controlava todos os fatores da produção, como a matéria-prima, o produto e os lucros.

Seguindo para o fim da Segunda Guerra Mundial (1945), as evoluções foram perceptíveis nas áreas da indústria química, elétrica e do aço, assim como a melhora nas técnicas existentes de produção. Surgiram os primeiros veículos movidos por motores a vapor, trazendo uma mudança revolucionária no transporte de mercadorias. Em paralelo, surgiram as primeiras linhas de produção que viriam a possibilitar a produção em massa e a redução dos custos. Como pilares para esta fase, que foi a segunda revolução Industrial, estavam a invenção e inovação em todos os processos de produto.

Entre as décadas de 1950 e 1970 se deu o início do desenho do que viria a ser considerada a terceira revolução Industrial, ou revolução digital. Esta foi marcada pelo crescente uso dos semicondutores, dos computadores, automação e robotização em linhas de produção, trabalhando com informações armazenadas e processadas de modo inteiramente digital, levando à uma ampliação das comunicações, com os telefones.

Com o desenvolvimento da internet, no início do século XXI, sensores cada vez menores e mais potentes, com preços acessíveis, a sofisticação de hardwares e softwares, a capacidade das máquinas em reconhecer padrões e definir ações baseadas em cálculos possibilitou a criação de gigantescas redes de “coisas”, iniciou-se uma transformação na indústria que levaria a uma mudança na sociedade e na economia como a conhecemos. Esta transformação foi nomeada pelos professores Erik Bravniolfsson e Andrew McAfee do Instituto de Tecnologia de Massachusetts como segunda idade das máquinas e em 2011 na Feira Industrial de Hannover, na Alemanha, falava-se em Indústria 4.0. (SCHWAB, 2017). Para Bousdekis et al. (2019), há uma discussão envolvendo o conceito de Indústria 4.0 onde a mesma deve ser considerada uma revolução ou uma evolução com argumentos contraditórios. De um lado encontramos a perspectiva radical da inovação e do outro o apoio ao desenvolvimento contínuo da inovação tecnológica onde a definição de “Revolução” é uma falha de conhecimento dos detalhes. Essa contradição expressa o conflito entre dois mundos com duas culturas diferentes onde a manufatura com uma perspectiva de longo prazo encontra o mundo da tecnologia da informação e da análise de dados com uma perspectiva de curtíssimo prazo.

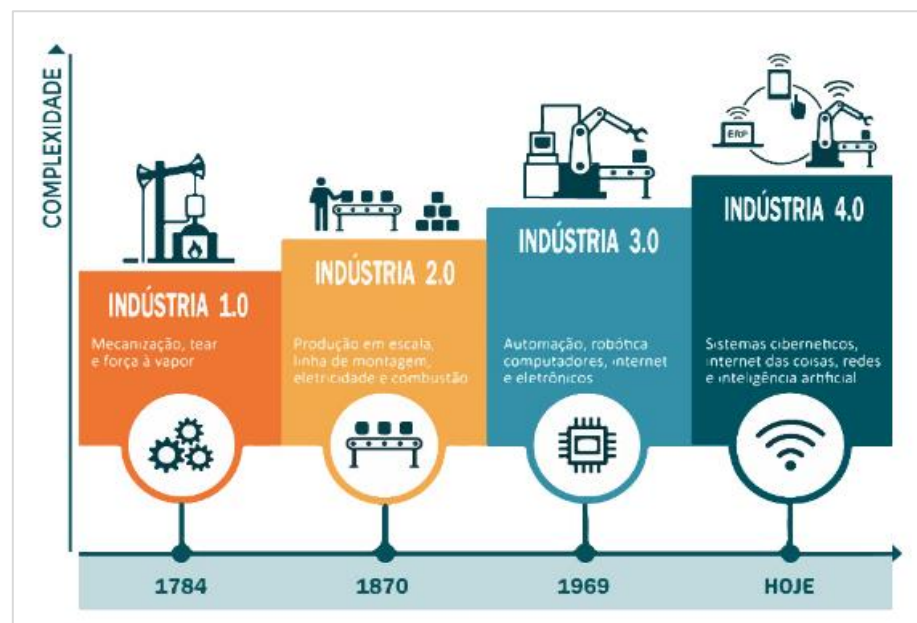


Figura 4. Linha do tempo das Revoluções
Fonte: Netscan Digital (2019).

2.2.1 Impactos da Indústria 4.0

O impacto da Indústria 4.0 vai além da simples digitalização, atravessando uma forma mais complexa de inovação derivada da combinação de diversas tecnologias, que impulsionam as empresas a reinventar as formas de como administram seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, como imaginam o desenvolvimento de novos produtos e como os apresentam ao mercado, ajustando as ações de distribuição e marketing.

Faz-se necessário observar que as mudanças irão acontecer em ambos os lados da cadeia de abastecimento, tanto na visão e exigências dos clientes como dos parceiros de negócio. Segundo Schwab (2017), em seu livro *“The Fourth Industrial Revolution”* a Indústria de um modo geral espera quatro alterações principais:

- Alteração nas expectativas dos clientes;
- Produtos mais inteligentes e mais produtivos;
- Novas formas de colaboração e parceria;
- A transformação do modelo operacional e conversão em modelo digital.

A visão de uma fábrica no futuro durante a Indústria 4.0 pode ser descrita pelos termos: “Indústria 4.0”, *“smart factory”*, *“intelligent factory”*, *“factory of the future”* (MACKENZIE, 2016). Na visão do autor as fábricas serão mais inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Neste contexto, uma *“Smart Factory”* é uma fábrica que produz produtos inteligentes, utilizando equipamentos inteligentes, em cadeias de abastecimento inteligentes.

Em setembro de 2015 o World Economic Forum publicou um relatório intitulado *“Deep Shift: Technology Tipping Points and Social Impact”* onde reunia a análise de 800 executivos e especialistas do setor de tecnologias da informação a respeito da localização no tempo, de acordo com suas percepções, definindo vinte e um pontos críticos de mudança. A [Figura 5](#) demonstra o resultado desta análise, com referencial temporal, as expectativas de cada ponto crítico (WEF, 2015):

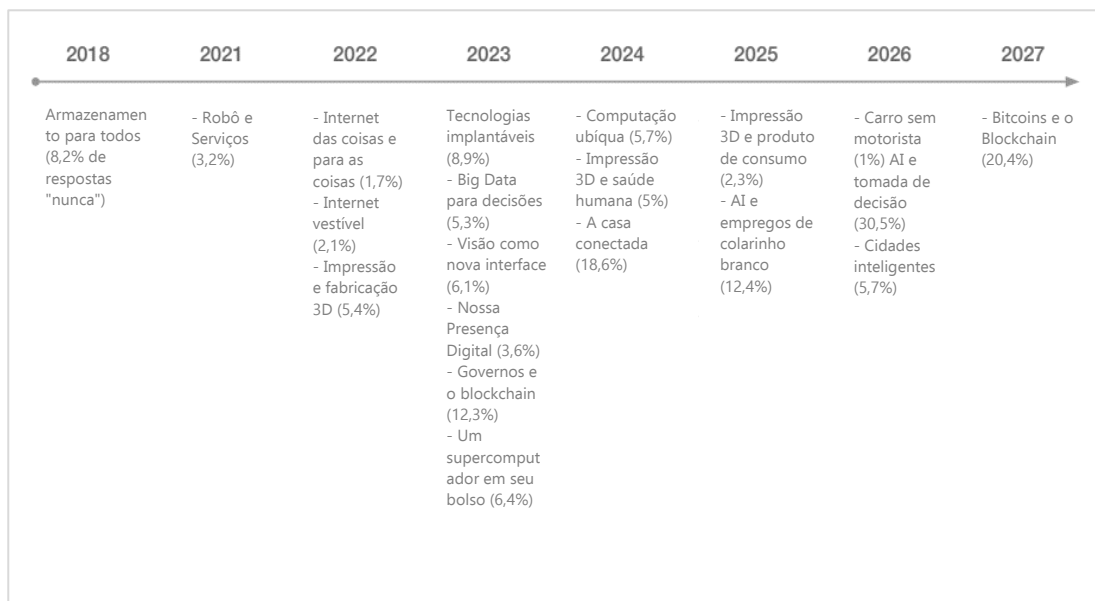


Figura 5. Expectativas dos Pontos Críticos.

Fonte: WEF (2015).

Estas informações relacionadas aos pontos críticos foram estabelecidas de acordo com a projeção do percentual de ocorrência no ano de 2025, desde 2015, no prazo de 10 anos (Figura 6). Partindo das informações contidas nesse relatório, pode-se destacar seis tendências que seguem moldando a sociedade, criando oportunidades e riscos:

- Computadores, comunicação e armazenamento: A redução dos custos, o tamanho dos hardwares e tecnologias da informação.
- Internet das Coisas (IoT): Inserção de sensores cada vez menores nas casas, acessórios, cidades, transportes e processos de produção.
- Pessoas e Internet: Redes Sociais, alteração na forma como as pessoas se comunicam e interagem umas com as outras.
- Inteligência Artificial e *Big-Data*: crescimento exponencial da digitalização de informação referentes a tudo associado a softwares com algoritmos cada vez mais sofisticados.
- Digitalização da matéria: Evolução da impressão 3D, trazendo uma produção mais ativa e a utilização de materiais cada vez mais inteligentes tendem a transformar a indústria, no que se diz respeito a prototipagem, logística de distribuição e criação de oportunidades para o ambiente industrial, mercado doméstico e saúde.

- Economia partilhada e confiança distribuída: a partilha de recursos no lugar da aquisição, bitcoins e blockchain estão possibilitando a criação de novos modelos de negócios e a reinvenção dos existentes, alterando a forma como nos relacionamos e a percepção de confiança entre parceiros.

	%
10% das pessoas vestindo roupas conectadas à internet	91.2
90% das pessoas têm armazenamento ilimitado e gratuito (com suporte para publicidade)	91.0
1 trilhão de sensores conectados à internet	89.2
O primeiro farmacêutico robótico dos EUA	86.5
10% dos óculos de leitura conectados à internet	85.5
80% das pessoas com presença digital na internet	84.4
O primeiro carro impresso em 3D em produção	84.1
O primeiro governo a substituir seus censos por fontes de big data	82.9
O primeiro telefone móvel implantável disponível comercialmente	81.7
5% dos produtos de consumo impressos em 3D	81.1
90% da população usando smartphones	80.7
90% da população com acesso regular à internet	78.8
Carro sem motorista igual a 10% de todos os carros nas estradas dos EUA	78.2
O primeiro transplante de um fígado impresso em 3D	76.4
30% das auditorias corporativas realizadas pela AI	75.4
Imposto cobrado pela primeira vez por um governo por meio de um blockchain	73.1
Mais de 50% do tráfego da Internet para residências para eletrodomésticos	69.9
Globalmente, mais viagens via compartilhamento de carro do que em carros particulares	67.2
A primeira cidade com mais de 50.000 habitantes e sem semáforos	63.7
10% do produto interno bruto global armazenado na tecnologia blockchain	57.9
A primeira máquina de IA em uma diretoria corporativa	45.2

Figura 6. Projeção dos pontos críticos em 2025.
Fonte: WEF (2015).

2.3 REALIDADE AUMENTADA: DESENVOLVIMENTO E UTILIZAÇÃO

Uma das tecnologias que compõem a transição para a Indústria 4.0 é a RA. Nela há uma miríade de possibilidades em diversos campos de conhecimento, dentre eles a logística na indústria com a digitalização de processos (JETTER et al., 2018; MOURTZIS et al., 2018). Este processo diz respeito ao sistema de produção, em particular à manutenção de sistemas e máquinas com toda a documentação técnica relativa. Nesse contexto, os paradigmas da Indústria 4.0 vêm se tornando o

condutor para o desenvolvimento de uma nova geração de instruções técnicas e digitais, principalmente com base nas novas tecnologias de exibição, como a RA e RV que exploram elementos gráficos e visuais, cujo papel se torna primário (SCURATI et al., 2018).

Visando o melhor alcance dentro do ambiente em que a aplicação RA é projetada, torna-se necessário levar em consideração fatores que norteiam a área do design, como a projeção de interfaces, considerando o processo de ideação e concepção, briefing e prototipagem e o cuidado com a experiência do usuário, obtido a partir de métodos como o Diamante Duplo, ao manipular o software. Segundo Mourtzis et al. (2018) a RA provou ser uma forma diferenciada de fornecer instruções passo a passo para treinamentos técnicos em um ambiente *offline* em uma tarefa real, como processos de montagens, ou para apoiar remotamente a manutenção de tarefas. Seguindo as diretrizes da Indústria 4.0, esta tecnologia possibilita o conhecimento técnico sem as limitações do campo visual do operador, ganhando segurança espacial nos ambientes com riscos, como linhas de produção, onde o operador não pode ser isolado de seu entorno real.

Neste sentido, necessita-se compreender alguns conceitos concernentes à aplicação da RA direcionados ao design: identificar os principais padrões de interfaces para RA voltados para a indústria; verificar como essas interfaces se comportam no ambiente de uso e acompanhar os estudos recentes sobre experiência do usuário com interfaces em RA.

2.3.1 Considerações Importantes

Na linha de Continuidade Realidade-Virtualidade, apresentada por Milgram & Kishino (1994) e utilizada para definir características das tecnologias de virtualização, a tecnologia de RA se encontra mais próxima do segmento de ambiente real pois apresenta o conceito de sobreposição de elementos virtuais no ambiente, imergindo parcialmente o usuário e gerando uma virtualização do ambiente (AZUMA, 1993; AZUMA, 1997; AULENTA & LENS, 2011). Sendo assim, esta tecnologia complementa a realidade, ao invés de substituí-la, conforme a Figura 7.

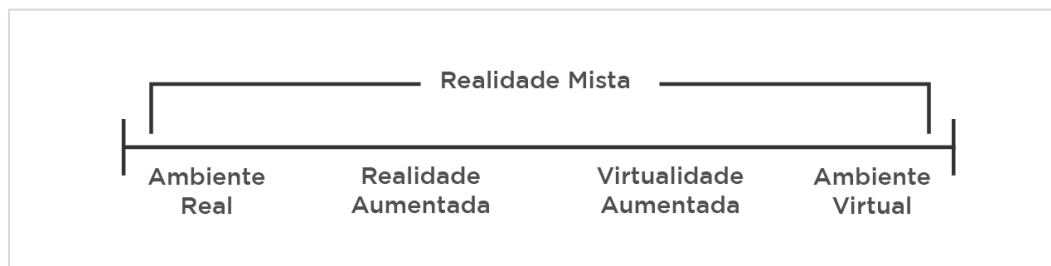


Figura 7. Linha de Continuidade Realidade-Virtualidade.
Fonte: Adaptado de Milgram & Kishino (1994).

O objeto desta pesquisa se concentra no segundo ponto da linha de continuidade Realidade-Virtualidade da Figura 7, pois se trata de uma interface tangível que permite que o usuário sobreponha elementos virtuais em um ambiente real de uma fábrica. Isso o distancia da imersão total promovida pela virtualidade aumentada.

Com base nos estudos apresentados por Azuma (1997) é possível identificar dois elementos essenciais que tornam a RA possível: dispositivo e o ambiente físico. A Figura 8 apresenta a combinação dos requisitos chave, definidos pelo autor em seus estudos, e que são encontrados em pesquisas atuais: Combinação do conteúdo real com o virtual, possuir interação em tempo real e visualização em 3D.

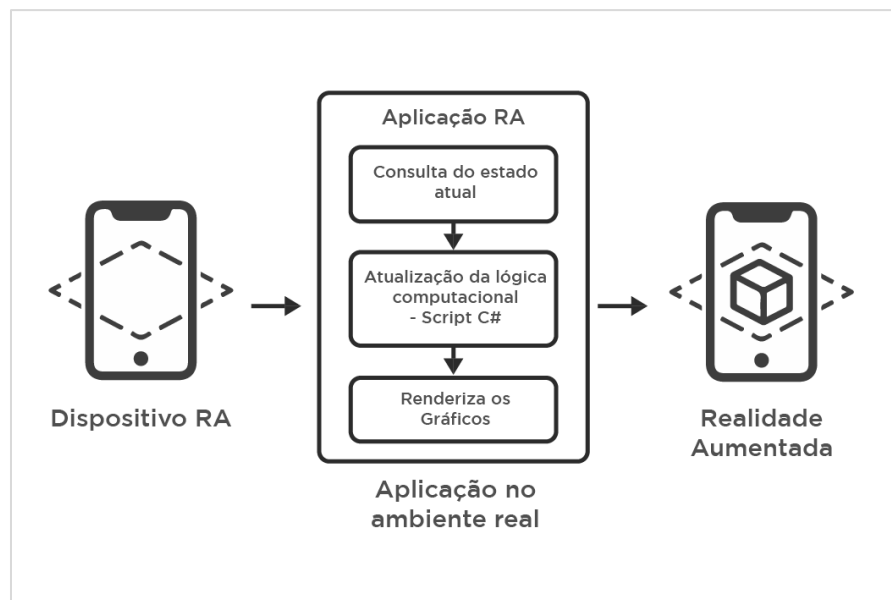


Figura 8. Combinação de Elementos para Realidade Aumentada.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Billinghurst et al. (2015) representam esquematicamente um sistema de RA, onde aplicam os requisitos propostos por Azuma, e relacionam três elementos importantes, no entanto, não imprescindíveis para que a RA seja possível em cenários atuais: Computação, Hardware e Computação centrada no homem. Com a melhoria de hardware, os dispositivos móveis (smartphones e tablets) tornaram-se um dos principais recursos utilizados para se trabalhar com a tecnologia RA e possibilitar a aplicação destes elementos (YU et al., 2016). O esquema proposto está representado pela Figura 9.

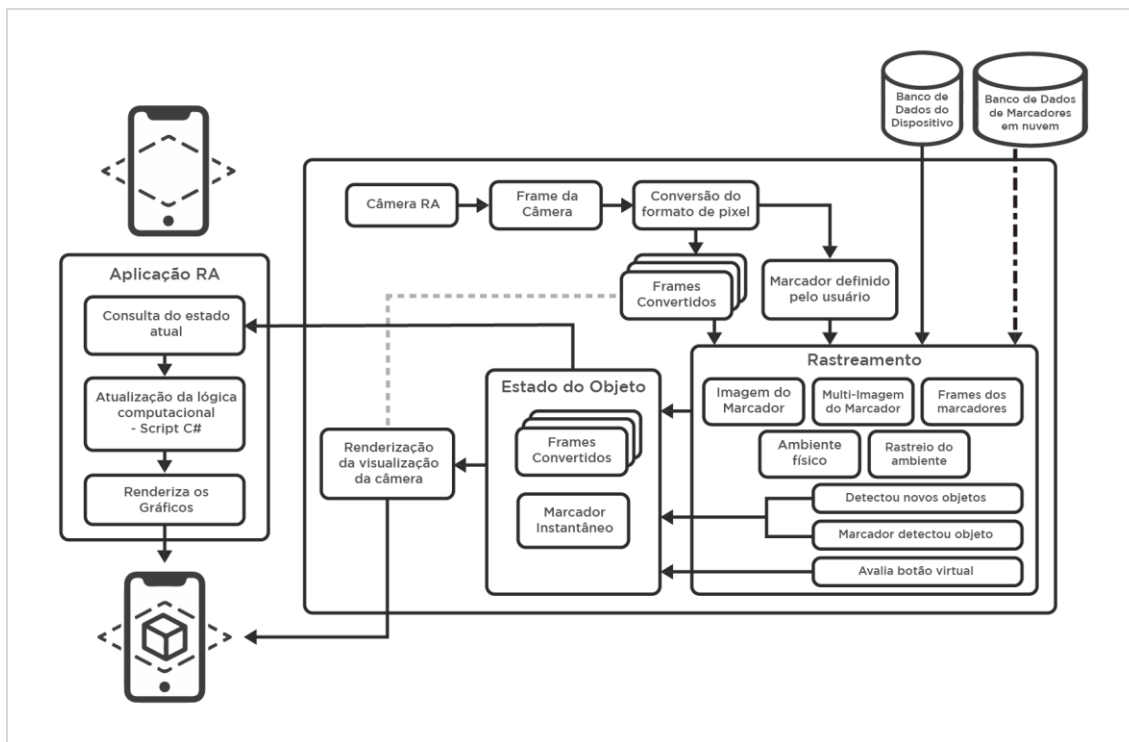


Figura 9. Estrutura de um Sistema de Realidade Aumentada.
 Fonte: Billingham et al. (2015).

Com base neste esquema proposto é possível compreender e identificar as principais limitações nesse modelo de sistema RA. A utilização de um “marcador” se fez necessário nesta pesquisa para o posicionamento da interface no ambiente real da fábrica e permitir o manuseio da mesma. Além disso, neste esquema, o dispositivo utilizado é um *smartphone* que colabora para o fácil acesso da aplicação RA e permite a mobilidade do usuário em diversos setores do ambiente.

Com os avanços de Softwares e a redução de requisitos de Hardwares, a RA vem sendo utilizada cada vez mais em diversos campos da indústria, possibilitando que a intersecção entre o mundo real e o mundo virtual seja mais evidenciada (AKÇAYIR et al, 2016; PATTI et al, 2017). Trazendo estes conceitos para um cenário mais atual é possível caracterizar essa tecnologia como uma ferramenta de direcionamento promissor que pode auxiliar o usuário em uma ampla “gama de problemas”. Dentre estes problemas estão: planejamento, design, avaliações ergonômicas, orientação operacional e treinamento (WANG et al., 2016; JETTER et al., 2018). Como exemplos de aplicações desenvolvidas, que buscaram solucionar os problemas apresentados em seus produtos, foram selecionados os seguintes estudos: exploração de endereços de edifícios, jogos, letramento infantil e em áreas que demandam ações precisas, tal como a saúde (HOSCH, 2017; LYON, 2017; KUEHN, 2018).

2.3.2 Desenvolvimento de Sistemas RA

Para se trabalhar com a tecnologia de RA é necessário compreender todas as etapas e processos que norteiam o desenvolvimento deste tipo de aplicação a fim de encontrar as melhores soluções para a construção das funções visando sua atuação no cenário industrial. Considerando essa tecnologia na indústria, Palmarini et al. (2018) realizaram um estudo com trinta artigos de um intervalo de cinco anos, buscando identificar o estado da arte de aplicações RA em manutenção para suporte a operadores humanos, quando identificaram etapas, processos, requisitos e infraestruturas onde essa tecnologia estava inserida. Estas informações foram organizadas no Quadro 1.

Quadro 1. Características de estudos sobre RA na manutenção.

CAMPOS DE APLICAÇÃO	MECÂNICA	INFRAESTRUTURA DE MANUTENÇÃO	MANUTENÇÃO DE AERONAVES
OPERAÇÃO DE MANUTENÇÃO	Montagem Manutenção Treinamento	Diagnóstico	Inspeção Diagnóstico Inspeção e Diagnóstico
HARDWARE	Monocular Tablet HMD Mobile	HMD	Câmera HMD
PLATAFORMA DE DESENVOLVIMENTO	<i>Open GL</i>	Unity 3D	<i>Open GL</i> Rinocheros
SOLUÇÕES DE TRACKING	Baseado em Modelos Filtro de Partícula 3D Baseado em ponto de borda	GPS Reconhecimento de Imagens	Sem marcadores Extração de Recursos SIFT SURF
VISUALIZAÇÃO	Animação	CAD 3D Estático	Conteúdos digitais e Animações
SOLUÇÕES DE AUTORIA	Automatizado por CAD	Manual	Manual

Fonte: Elaborado a partir de Palmarini et al. (2018).

No processo de desenvolvimento de um sistema RA, o desenvolvedor deve escolher uma ou mais plataformas para utilizar. Ademais, as linguagens de programação de médio ou alto nível têm sido amplamente utilizadas para desenvolver aplicativos RA em processos de manutenção (PATTI et al., 2017; PALMARINI et al., 2018).

Além da linguagem de programação utilizada no desenvolvimento destes sistemas a visualização do elemento 3D deve ser considerada. Diversos softwares são tipicamente adotados para criar elementos tridimensionais e inseri-los dentro do sistema, tais como o *Sketchup* e o

Blender (SURYANTO et al., 2018). Após a produção do objeto 3D é necessário importá-lo para ambientes de desenvolvimento, como Unity 3D, *Unreal Engine* ou Android Studio, conectando-os com um banco de imagens que serão definidos como Marcadores com o Vuforia SDK (*Software Development Kit*) adquirido de forma gratuita no site oficial.

Neste estudo as ferramentas definidas foram: *engine* Unity 3D como plataforma para criação da interface e desenvolvimento do sistema RA; software Blender para criação dos elementos visuais da interface e modelos tridimensionais presentes no sistema RA. Além destas ferramentas, o uso do Vuforia SDK foi necessário para implementar as ferramentas da *engine* Unity e possibilitar a visualização de objetos em RA por meio da câmera de smartphones. Por fim, o microcontrolador Arduino UNO foi utilizado para construção dos circuitos elétricos e do sistema de sensores que se conectaram ao sistema RA.

Frequentemente os SDKs devem ser incluídos em um software mais amplo de desenvolvimento usando linguagens de programação de nível médio/baixo ou por meio de *Engines*. Estas são plataformas amigáveis que permitem construir aplicações com um mínimo de conhecimento de linguagem de programação (KURNIAWAN et al., 2018; PALMARINI et al., 2018; SURYANTO et al., 2018).

Nas primeiras versões do Vuforia SDK não era possível implementar ou conectar elementos externos, como sensores, microcontroladores, e outras ferramentas de *Engines* como o Unity 3D, para visualização dos objetos 3D sobrepostos no ambiente. Com a evolução constante dessa tecnologia, surgiu uma gama maior de possibilidades de aplicações principalmente no cenário industrial devido à implementação de sistemas de reconhecimento de imagens, textos e ambientes. Como exemplo prático dessa atualização de processos, Alonso et al. (2020) realizaram um estudo onde desenvolveram uma aplicação RA utilizando o Vuforia SDK na versão 1.6 para visualização do consumo de energia de eletrodomésticos em tempo real, por meio do reconhecimento de imagens e rastreamento (*Tracking*). Nesse estudo os autores mostraram o workflow da sua aplicação (Figura 10) onde é possível observar a estrutura do processo do Vuforia SDK interagindo com elementos externos como microcontroladores e APIs, além de funções nativas das *Engines* de desenvolvimento.

Para este estudo, a versão 10.1 do Vuforia SDK será utilizada, pois apresenta melhor estabilidade com a utilização dos sensores externos e correções de falhas presentes nas versões anteriores. O SDK foi integrado à *engine* Unity 3D para construção e visualização da interface em RA desta dissertação. Visualizando a representação do processo é possível identificar pontos de

contato entre o sistema RA, o desenvolvedor e o usuário deste sistema, uma vez que as atualizações tornaram ampla as possibilidades de aplicação do Vuforia SDK em sistemas RA.

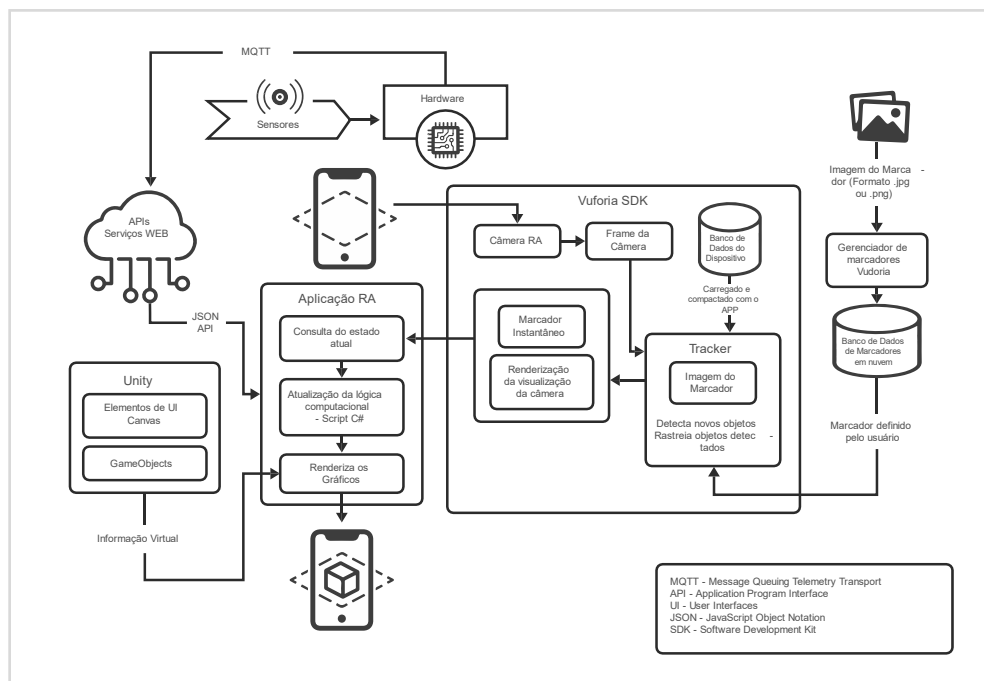


Figura 10. Interação do SDK Vuforia com APIs externas.
Fonte: Alonso et al. (2020).

Com o banco de imagens estabelecido e conectado com o ambiente de desenvolvimento, o sistema RA é capaz de realizar a função de rastreamento. Palmarini et al. (2018), afirmam que um rastreamento preciso localiza os usuários e seus movimentos em relação ao seu entorno, e isso é um requisito crucial para uma aplicação RA.

As técnicas de rastreamento podem ser classificadas em duas categorias: baseadas em visual e em sensores. O termo rastreamento híbrido é aplicado quando ambas as técnicas são utilizadas ao mesmo tempo (YU et al., 2016). As técnicas baseadas em visão podem ser divididas em duas partes: métodos “*a priori*” e métodos “*Ad hoc*”. A primeira classificação implica que o sistema RA possui um conhecimento “prévio” sobre o objeto que será rastreado. Estes podem ser divididos em: modelo, recurso e marcador. Isso significa que as informações disponíveis previamente são, respectivamente, um objeto tridimensional, um mapa de características do ambiente e um marcador. As informações também podem ser criadas utilizando o método de rastreamento visual “*Ad hoc*”, que fornece a inicialização para o método “*a priori*”, sem a necessidade de informações previamente estabelecidas. A Figura 11 representa esquematicamente as técnicas de rastreamento descritas. Palmarini et al. (2018) listaram o rastreamento como um dos principais tópicos de pesquisas em sistema RA. Para este estudo a técnica baseada em visão definida foi “*a priori*”, em

decorrência da simplicidade de uso com outros softwares e por utilizar um marcador que facilita o deslocamento dentro de ambientes distintos.

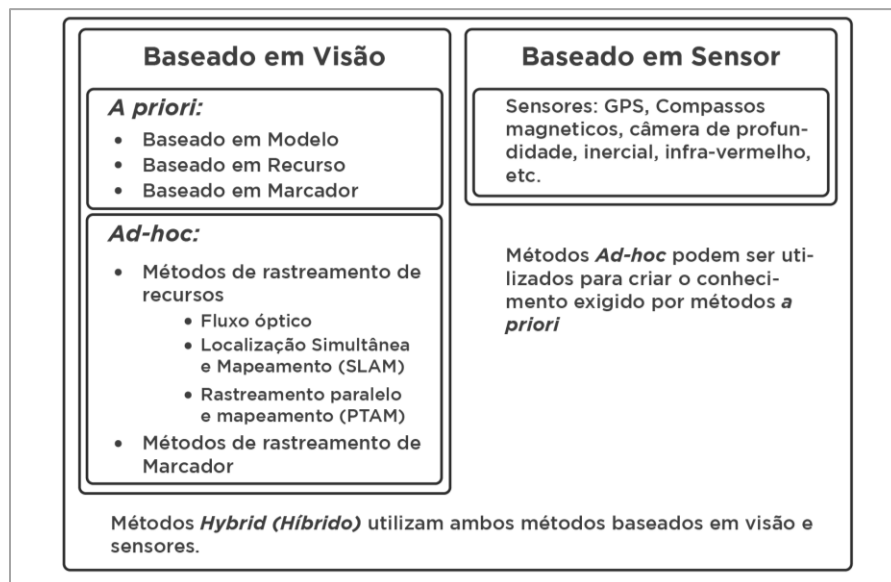


Figura 11. Processo de rastreamento RA. Fonte: Palmarini et al. (2018).

Para o desenvolvimento destes sistemas, os conceitos, processos e ferramentas apresentadas são imprescindíveis pois possibilitam ao desenvolvedor atender demandas e requisitos do ambiente para qual o sistema é projetado. Todas essas questões favorecem o uso de RA em processos industriais e conseqüentemente a sua caracterização como um dos pilares da Indústria 4.0 (JETTER et al., 2018; BOUSDEKIS et al., 2019).

2.3.3 Realidade Aumentada e Internet das Coisas

Piccarozzi et al. (2018) apresentam um conceito para a Internet das Coisas (IoT) dentro do contexto industrial, caracterizando esse termo como parte integrante do conjunto denominado Indústria 4.0. Essa integração permite que os fabricantes aproveitem cadeias de valor totalmente digitalizadas, conectadas, inteligentes e descentralizadas, com a possibilidade de fornecer maior flexibilidade e robustez para a competitividade da empresa (BOUSDEKIS et al., 2019). Ainda segundo os autores, a Indústria 4.0 é constituída de diversos pilares: análises de *Big-Data*, robôs autônomos, computação em nuvem, internet das coisas e simuladores. Essas tecnologias possibilitam à indústria uma gama de soluções quando utilizadas de forma conjunta com objetivo de suprir atividades inteiramente manuais.

Segundo White et al. (2019), o número de dispositivos conectados à IoT deve crescer a uma taxa exponencial, com previsões de que haverá cerca de 26 bilhões de dispositivos conectados até 2022.

Esses dispositivos levarão a uma ampla variedade de serviços de várias fontes, como sensores de monitoramento, câmeras de vigilância, entre outros. A gestão dos serviços prestados por estes dispositivos é caracterizada como uma das áreas mais importantes da tecnologia futura, ganhando grande atenção de institutos de pesquisa e da indústria em diferentes campos, incluindo transporte e saúde.

A IoT fornece serviços aos usuários finais por meio da conexão de objetos físicos em torno deles com a Internet. Essa conexão é proporcionada pelo conjunto formado por hardwares (microcontroladores) e softwares específicos que recebem informações e apresentam ao usuário de forma simples e direta com os serviços web (WHITE et al., 2019). Um dos microcontroladores mais utilizados na construção de protótipos de sistemas IoT é o Arduino UNO, devido à relativa simplicidade para a montagem de circuitos elétricos e programação. Os serviços convencionais constituídos para a web baseiam-se principalmente na tecnologia *pull*, onde o usuário se envolve ativamente com o sistema para obter o serviço. No ambiente IoT, os serviços são baseados em *push*, onde informações e serviços de valor serão “empurrados” para o usuário (GOCHHAYAT et al., 2019). A menos que esses serviços baseados em *push* sejam gerenciados adequadamente, eles sobrecarregariam o usuário com informações desnecessárias, sendo necessário a criação de sistemas de filtragem e de interfaces que sejam projetadas para o usuário manipular tais informações (WHITE et al., 2019).

2.3.4 Aplicações da Realidade Aumentada na Indústria

Embora os potenciais benefícios do uso da RA na Indústria sejam amplamente reconhecidos (CAMPBELL et al., 2017; PALMARINI et al., 2018; BOUSDEKIS et al., 2019), existem inúmeras barreiras para a adoção de RA neste contexto, incluindo fatores ergonômicos, técnicos e de privacidade (MOURTZIS et al., 2018).

Problemas ergonômicos e técnicos (peso do dispositivo, cansaço visual e vida útil de bateria) podem ser reduzidos ao longo do tempo com a constante evolução de hardwares mais leves como o *HoloLens2* (MICROSOFT, 2018) e tecnologia adaptável como o *Magic Leap One* (MAGICLEAP, 2018). Em relação às questões de privacidade, como registro de atividades do usuário, podem ser reduzidos através de alterações na legislação e por meio da adoção de práticas comerciais em conformidade com o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) nos Estados Unidos e, no Brasil, pela Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (PINHEIRO, 2020) . Por fim, para os sistemas RA serem adotados pelos usuários finais, os benefícios do uso desta tecnologia devem ser reconhecidos (como exemplo, utilidade, economia de tempo, satisfação) e os indicadores de desempenho melhorados para aplicação em nível de negócios (JETTER et al., 2018) por meio da expansão do conhecimento da empresa em relação aos processos e implementação dos sistemas

dentro do ambiente, trabalhando em direção à “Privacidade pelo Design” (CHATZIPOULIDIS et al., 2019) e uma abordagem de design centrado no usuário com o objetivo de melhorar a adesão do usuário final, simplificar e gerenciar os benefícios de uso das aplicações.

Segundo os estudos de Quandt et al. (2018) o desenvolvimento de aplicações RA no cenário industrial deve seguir os seguintes requisitos estruturados pela dimensão de tempo (desenvolvimento e integração, configuração e operação):

Requisitos durante desenvolvimento e integração

- a) Custo-efetividade: O retorno deve justificar o gasto aplicado durante a etapa de desenvolvimento da aplicação RA;
- b) Segurança de Dados: Caso o registro de dados ou a ação de rastreamento levar a vigilância dos usuários a aplicação RA deve-se estabelecer acordos para a coleta de dados seguindo critérios da segurança da informação (LOPIK et al., 2020);
- c) Regulamentos aplicáveis: Regulamentos de segurança do trabalho ou especificações de higiene, devem ser considerados durante o projeto e integração de aplicações RA.

Requisitos durante Configuração

- a) Tempo de configuração: O tempo necessário para a configuração de aplicações de RA no ambiente industrial deve ser mínimo. Isso pode incluir processos recorrentes necessários, como calibração ou limpeza (SURYANTO et al., 2018);
- b) Confiabilidade do sistema: A aplicação deve exigir manutenção mínima e ser o mais confiável possível.

Requisitos durante Operação

- a) Precisão de apresentação: Precisão no alinhamento de objetos reais e virtuais é necessária para reduzir possíveis erros;
- b) Capacidade de tempo real: o rastreamento e a visualização de objetos devem ser realizados em tempo real para permitir uma interação mais intuitiva com o aplicativo e reduzir os riscos de erros ou enjoo;
- c) Ergonomia: os aplicativos de RA geralmente operam no lado humano de uma interface homem-máquina. Seu projeto e operação devem, portanto, ser centrados no ser humano e considerar certos fatores humanos (RE, 2013) como atenção reduzida ou fadiga ocular durante períodos mais longos de operação (ANGELO, 2018).

Em relação a ergonomia, Morais & Mont’alvão (2000) afirmam que a ergonomia é tida como ciência que trata de desenvolver conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano e que se relacionam com o projeto de interfaces, entre indivíduos e outros componentes do sistema. A interface a ser construída levará em consideração as necessidades individuais detalhadas no capítulo 4.

Com base nos requisitos apresentados é possível identificar estudos e aplicações de sistemas RA que contemplam os pontos apresentados por Quandt et al. (2018) e se concentram no campo industrial. Estes estudos foram levantados por Silva (2020) e podem ser observados no Quadro 2.

Quadro 2. Estudos e aplicações de sistemas RA na indústria

PESQUISADOR	CONTRIBUIÇÃO
WESTERFIELD ET AL. (2015)	Realizam uma investigação sobre a combinação da Realidade Aumentada (RA) com Sistemas de Tutoria Inteligente (ITS) para auxiliar no treinamento de tarefas de montagem manual. Abordagem que combina gráficos AR com orientação adaptativa do ITS para proporcionar uma melhor eficácia de experiência de aprendizado.
JEON ET AL. (2016)	Descreve o desenvolvimento de uma aplicação RA intitulada MARB. Essa aplicação permite ao usuário conectar facilmente um marcador e um objeto virtual com vários eventos de interação utilizados para manipular o objeto virtual em um ambiente móvel.
ERKOYUNCU ET AL. (2017)	Retrata uma nova abordagem para melhorar a eficiência da manutenção por meio de suporte operacional adaptativo usando uma técnica de RA que aplica dados disponíveis e o nível de habilidade dos técnicos sem a necessidade de conhecimento prévio sobre RA para gerar soluções autorais para não programadores dentro do processo de manutenção.
GOMES ET AL. (2017)	Apresenta uma metodologia para o desenvolvimento de aplicações RA em cenários industriais. A proposta apresenta o uso de referências georeferenciadas com marcadores naturais detectados em tempo real, o que permite a construção de sistemas de AR que podem ajudar na manutenção no local e nas atividades para os operadores, possibilitando incluir informações sobre o equipamento durante um procedimento específico.
CACHADA ET AL. (2018)	Descreve a arquitetura de manutenção preditiva e inteligente, alinhado aos princípios da Indústria 4.0, que considera análise avançada e on-line dos dados coletados para a detecção precoce da ocorrência de possíveis falhas de máquinas e apoia os técnicos durante as intervenções de manutenção, fornecendo um suporte de decisão inteligente guiado.
FRIZZIERO ET AL. (2019)	Apresenta uma abordagem para apoiar a concepção e implementação de sistemas interativos e RA, propondo a combinação de técnicas RA baseadas em modelo para desenvolver interações mais realistas no ambiente, como colisões e interações com sombras, gerando uma experiência mais realista da aplicação.

Fonte. Elaborado a partir de Silva (2020).

Levando em consideração os pontos apresentados neste tópico e a busca por aplicações eficientes e que atendam aos requisitos de aplicabilidade na indústria, observa-se a necessidade de aplicar critérios referentes à usabilidade durante todo o processo de desenvolvimento de aplicações RA. Critérios estes que contemplam, inclusive, etapas posteriores como configuração e operação. Boquimpani & Figueira (2017) apresentam um processo de Engenharia de Usabilidade inserido em um modelo misto de cascata e ciclos a fim de simplificar o desenvolvimento de

aplicações RA considerando os critérios de usabilidade em todo o processo. Este processo será adaptado e aplicado durante toda a etapa de desenvolvimento da solução, proposta neste estudo, como forma de garantir a entrega e elevar a taxa de aceitação dos usuários do sistema e a implementação no cenário industrial.

2.4 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO E O DESIGN DE INTERFACES

Desde a sua origem, no final do século XVIII, o conceito de design sofreu inúmeras transformações. Esse processo se intensificou a partir do século XX, em decorrência dos avanços tecnológicos que possibilitaram a construção de diferentes tipos de produtos. Atualmente, o design engloba a produção de objetos materiais e interfaces gráfico-digitais, que possibilitam a interação do usuário com o ciberespaço (QUINTÃO & TRISKA, 2013).

Segundo Bonsiepe (2015) O design é orientado pela interação do usuário ao produto, desta forma, o domínio do Design se torna o domínio da interface, onde é estruturado a interação entre usuários e artefatos. Em seus estudos, Bonsiepe traz um diagrama ontológico do design (Figura 12), onde apresenta o usuário (corpo), a ação (objetivo) e a ferramenta (ou informação) como campos heterogêneos que se unem a partir da interface: “Design industrial é essencialmente design de interfaces” (BONSIEPE, 2015).

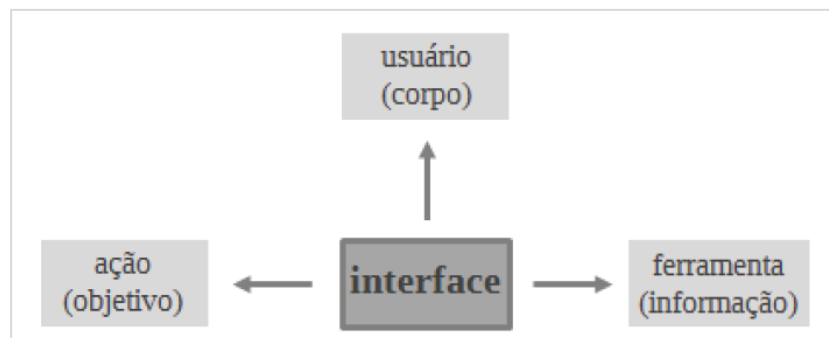


Figura 12. Diagrama Ontológico do Design.
Fonte: Quintão & Triska (2013).

Quintão & Triska (2013) afirmam que o constante desenvolvimento tecnológico e a consequente possibilidade de utilização da imagem em movimento na web e em dispositivos móveis, colaboraram para que a visualização de dados se tornasse ainda mais complexa, sendo necessário uma abordagem metodológica que organize, simplifique e complemente as ideias para o usuário. Desta forma, Frascara (2011) apresenta o design de informação como uma solução para esta lacuna, pois este se desenvolve em duas etapas: a organização da informação e o planejamento de sua apresentação. Essas tarefas, segundo a autora, exigem a habilidade de processar, organizar e

apresentar ideias de modo verbal e não-verbal, uma vez que a assiduidade visual e a compreensão são preocupações centrais do design de informação. Portanto, pode-se afirmar que um design de informação adequado, de acordo com Quintão & Triska (2013), torna a ideia acessível, disponível de maneira simples, apropriada ao conteúdo e ao usuário, confiável, completa, concisa e relevante de acordo com os seus objetivos.

No campo da usabilidade, encontra-se um caminho próximo entre a construção de interfaces e a sua adoção. A usabilidade, segundo Barroso et al. (2021), é a combinação entre interface, usuário, tarefa e ambiente, pois é por ela que se torna possível reconhecer a qualidade de uso dos sistemas e as suas aplicações. Desta forma, a usabilidade busca uma mediação entre as características da interface de um sistema e as características de seus usuários ao tentarem alcançar determinados objetivos em situações específicas de uso (CATAPAN et al., 1999; LIOU et al., 2017; BARROSO et al., 2021).

Em relação aos testes de usabilidade, aplicados durante o desenvolvimento de um produto, existem três parâmetros que podem caracterizar o quanto determinado sistema é eficiente: Efetividade, Eficiência e satisfação. Estes, podem inclusive, tornar informações qualitativas em quantitativas por meio de equações geradas a partir de variáveis obtidas por meio da realização de testes direcionados (MIFSUD, 2020). Podem ser entendidos a partir da compreensão de que a “efetividade” está relacionada à exatidão com que os usuários alcançam seus objetivos no uso do sistema; a “eficiência” ligada aos recursos gastos; e a “satisfação” que expressa a atitude positiva do usuário em relação ao sistema ou produto em uso (BARROSO et al., 2021).

2.4.1 O Design Thinking no desenvolvimento de Software

Num cenário com uma indústria altamente competitiva, um produto de software necessita se destacar perante os similares, trazendo satisfação aos usuários com características novas e úteis. Neste contexto, o *Design Thinking* (DT) se apresenta como um conjunto de práticas inspiradas no design para resolução e desenvolvimento de problemas, utilizando a empatia, a criatividade e a racionalidade para atender às necessidades dos usuários e concretizar os objetivos (WEIGEL, 2015).

DT é considerado um conjunto de técnicas e ferramentas centrado no usuário que suporta um processo iterativo para produzir e analisar, de forma criativa, soluções para os desafios reais (SOLEDADE et al., 2013). Também é visto como uma das formas mais eficazes no descobrimento de informações, visando a empatia dos usuários e entendimento do contexto de uso para desenvolver uma maior compreensão da necessidade dos mesmos (WEIGEL, 2015).

Um dos modelos mais conhecidos de DT é o modelo de processo de design Duplo Diamante (*Double Diamond Design Process Model*) (DESIGN COUNCIL, 2007). O modelo é constituído de quatro etapas, denominadas: Descobrir, definir, desenvolver e entregar, organizadas em estágios divergentes e convergentes do processo de design, conforme ilustrado na Figura 13. Mais especificamente: (1) **Primeira etapa**, primeiro diamante, representa a parte inicial divergente do projeto: a etapa de descoberta, onde o designer busca oportunidades, mercados, tendências e *insights* (Tschimmel, 2012). É denominada imersão preliminar, pois objetiva o entendimento inicial do problema. (2) **Segunda etapa**, primeiro diamante, caracteriza o estágio de definição, um filtro no qual os primeiros *insights* são revisitados e selecionados (TSCHIMMEL, 2012). Também chamada de imersão em profundidade, pois identifica as necessidades e oportunidades para a geração de soluções (Vianna et al., 2012). (3) **Terceira etapa**, segundo diamante, define o período de desenvolvimento de potenciais soluções para a etapa anterior, também denominada de análise e síntese, pois os envolvidos utilizam os dados coletados, agrupando os similares. Encontrando, deste modo, os erros e problemas mais recorrentes. (4) **Quarta etapa**, segundo diamante, busca a convergência da solução e marca a entrega, centra todas as etapas com a validação do que foi produzido (VIANNA et al., 2012).

Este modelo se distingue de outros por dividir sistematicamente o design centrado no ser humano em duas fases divergentes e convergentes sucessivas. Para sintetizar os pontos de contato reunidos no estágio da descoberta de necessidades, os insights e os objetivos de design são definidos no estágio convergente seguinte. Então, a coleta de feedback do usuário durante a fase de desenvolvimento da ideia permite convergir para uma solução final na fase de entrega. O processo é adequado aos princípios de design de usabilidade centrados no usuário, como acompanhamento do status do produto, relação entre o sistema e o mundo real e flexibilidade e eficiência de uso

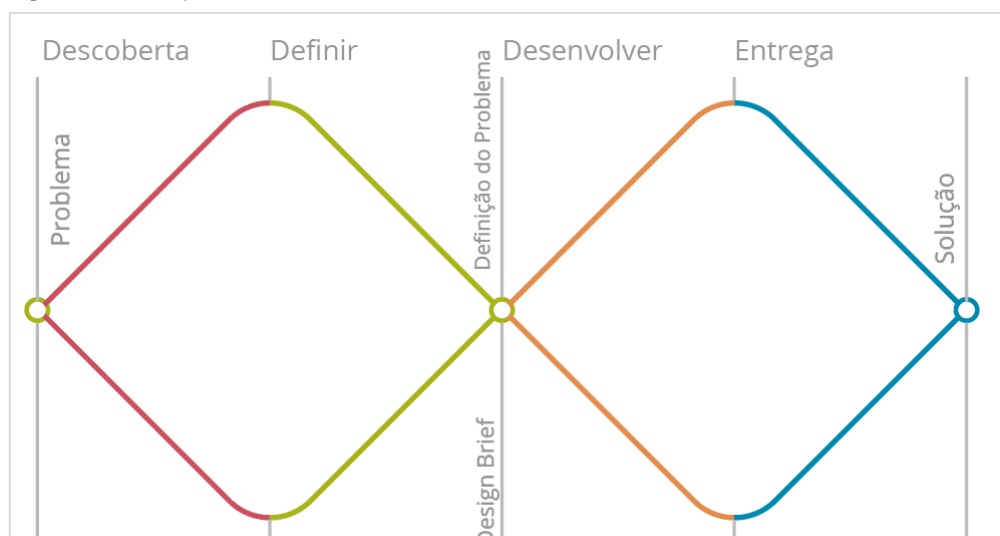


Figura 13. Modelo Duplo Diamante.
Fonte: Design Council (2017).

(ZHANG et al., 2019). Considerando os fatos apresentados, este modelo é aplicável em todo e qualquer processo que busca alcançar inovação.

Apesar de existirem diversas definições para DT, todas elas compartilham a mesma filosofia que abrange o pensamento criativo, o conhecimento contextual e os cenários na aplicação de uma possível solução. Para isto, diversas técnicas são utilizadas como: (a) **Pesquisa de Campo** inicial visa a compreensão do contexto, auxiliando na construção dos perfis. Objetivam o entendimento geral do contexto e suas tendências (VIANNA et al., 2012). (b) Pesquisa Desk busca fazer o levantamento em diversas fontes sobre o projeto e suas tendências. Consiste na reunião de informações em diversas fontes como internet, jornais, TV, livros e outros (VIANNA et al., 2012). (c) Matriz CSD organiza uma matriz por meio de respostas a três questionamentos fundamentais : suas certezas, suas suposições e suas dúvidas (BRETAS, 2015). (d) Persona consiste na elaboração de uma pessoa fictícia que sintetiza os comportamentos, representando as motivações, desejos, expectativas e necessidades (COOPER, 2003). (e) Mapa de empatia representa a forma visual de organizar as ideias e analisar o que foi coletado durante as entrevistas. Nesta técnica é importante compreender o que a *persona* analisada diz, faz, pensa e sente (BRENNER & UEBERNICKEI, 2016). (f) Jornada do usuário descreve os passos ocorridos antes, durante e depois de determinada atividade a ser analisada (KALBACH, 2020). (g) *Sketch* apresenta ideias no papel. O desenho pode transmitir uma ideia do design rapidamente, podendo ser utilizado em todo o processo de design (AMBROSE et al., 2019). (h) Protótipo permite a visualização e a comunicação das ideias.

Diante disto, DT pode ser caracterizado como ferramenta de auxílio na construção dos requisitos, auxiliando no entendimento das necessidades dos clientes. O seu uso poderia levar as organizações a levarem a satisfação dos clientes antes de iniciarem o processo de concepção de um novo produto ou serviço (BARBOSA, 2016).

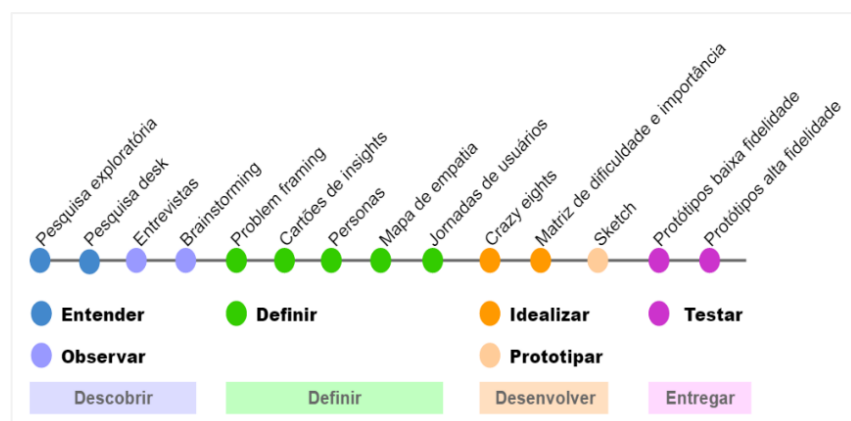


Figura 14. Técnicas utilizadas no DT
Fonte: Vianna et al. (2012).

2.4.2 Método de Garret para construção de interfaces

Direcionando para o desenvolvimento do produto é necessário buscar autores que definem diretrizes para o desenvolvimento de interfaces e considerem o design da informação e o design visual. Nesse contexto, buscou-se embasamento em Garret (2010).

Segundo Garrett (2010) a experiência do usuário tem influência sobre a percepção do produto final, podendo gerar um diferencial competitivo em relação aos concorrentes. A responsabilidade de assegurar a qualidade da experiência do usuário não se limita a um especialista de usabilidade, todas as etapas do processo devem convergir para este fim. Dessa forma, o autor projetou um framework, [Figura 15](#), relativo ao design dos elementos da experiência do usuário, estruturado nos seguintes planos: estratégia, escopo, estrutura, esqueleto e superfície. O projeto sensorial e a apresentação dos arranjos lógicos que compõem o esqueleto do produto estão inseridos na camada de superfície. Essa camada é composta por conteúdo, funcionalidade e estética, as quais estão unidas para produzir um design acabado que agrade os sentidos sensoriais enquanto cumpre todos os objetivos dos outros planos.

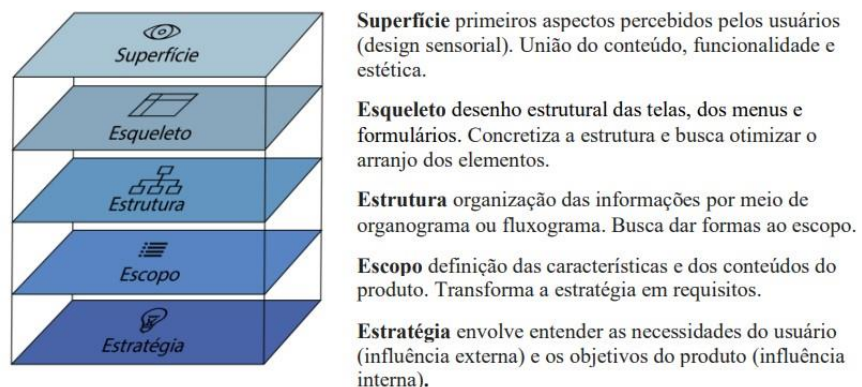


Figura 15. Planos do framework de Garret
Fonte: Garret (2010).

2.4.3 Interfaces de usuário voltadas para informação RA

Direcionando a construção de interfaces e estudos de usabilidade em sistemas RA temos questões mais complexas devido à falta de estudos e modelos eficazes para construção de interfaces com esta tecnologia. Merenda et al. (2018), apontam que os principais fatores que tornam complexo o uso de RA na construção de interfaces diz respeito a fatores externos e de hardware como baixa resolução, baixos níveis de iluminação e um campo de visão limitado. Deste modo, é necessário um nível de descrição dos projetistas de interfaces RA a fim de fornecer informações de forma simples e eficaz dentro das condições em que o usuário se encontra.

2.5 ESTADO DA ARTE SOBRE INTERFACES RA

A busca da competitividade e a necessidade de inovação por parte das empresas aumenta a importância do design de interações e interfaces nos mais diferentes setores do desenvolvimento de softwares. Segundo Deserti et al. (2008), a inovação abrange dimensões próximas ao processo de design uma vez que ultrapassa relações concretas de objetos, gerando significado a partir da associação com outras disciplinas, o que torna viável a criação de valor, formas, experiências, processos e sistemas. Com esses fatores, é necessário considerar, também, as premissas de IHC buscando englobar todas estas dimensões, visando o valor e a experiência que a empresa quer levar aos usuários.

Conforme exemplificam Mourtzis et al. (2018) grande parte dos estudos sobre Interface Homem Computador (IHC) recaem sobre interfaces gráficas dos computadores desktop. Entretanto, a RA é uma variação de interface, que pode misturar elementos físicos e digitais e, caracteriza-se como interface tangível. Deste modo, a interação humana com elementos desta natureza não pode ser tratada da mesma maneira tradicional das diretrizes e modelos IHC traçados para interfaces gráficas (GUI) (PREECE & MALONEY, 2005; WU et al., 2016).

Desta forma, Rogers et al. (2013) trazem o design de interface como recurso apropriado para se desenvolver sistemas RA, pois nesta etapa de desenvolvimento de software, são consideradas as experiências de interação e o comportamento que possibilitam a troca de informações entre entidades (pessoas, máquinas e sistemas) e de diversas maneiras. O design de interação está relacionado a projetar para as experiências de troca, com foco nas atitudes dos usuários.

Com o objetivo de compreender este universo, referente à construção de interfaces tangíveis, estudos sobre Usabilidade em sistemas RA e suas aplicações, foi feito um levantamento bibliográfico sobre o estado da arte referente à criação de interfaces utilizando a tecnologia de RA, buscando identificar parâmetros como: tecnologia, abordagem e tipologia das publicações selecionadas.

Para alcançar o objetivo deste levantamento, foi utilizada a metodologia de investigação baseada em revisão sistemática, estruturada e executada por meio da realização de consultas seguindo parâmetros de busca em quatro bases de dados, acessadas por meio do banco de periódicos CAPES. O período de realização da pesquisa ocorreu entre janeiro e março de 2021 e o período de análise ocorreu entre abril e maio do mesmo ano, buscando compreender os estudos e publicações sobre Design de Interfaces em RA em nível global. A Revisão Sistemática desenvolvida neste estudo foi desenhada seguindo estas etapas: planejamento da pesquisa, análise e execução.

Como ponto inicial do planejamento desta Revisão Sistemática, a definição da questão do estudo é fundamental. Deste modo, a questão da pesquisa é: Quais as principais abordagens e características dos estudos sobre Design de Interface e RA?

Relacionado à confiabilidade das fontes de pesquisa, foram realizadas buscas nas bases de dados *Computers & Applied Sciences Complete* (EBSCO); *Web of Science*; *IEEE Xplore*; *Academic Search Premier – ASP* (EBSCO). Para seleção das palavras-chave foi realizada uma pesquisa prévia na literatura e foram selecionadas as seguintes palavras-chave: “*Augmented Reality and User Experience*”, “*Augmented Reality and Design*”, “*Augmented Reality and Usability*”, “*Augmented Reality and User Interface*”. Dentro do escopo da pesquisa foram selecionados artigos publicados em *Journals*, de 2017 a 2021, compreendendo um período de cinco anos, artigos revisados por pares, publicados em *Journals* e que estivessem nos idiomas: inglês e português.

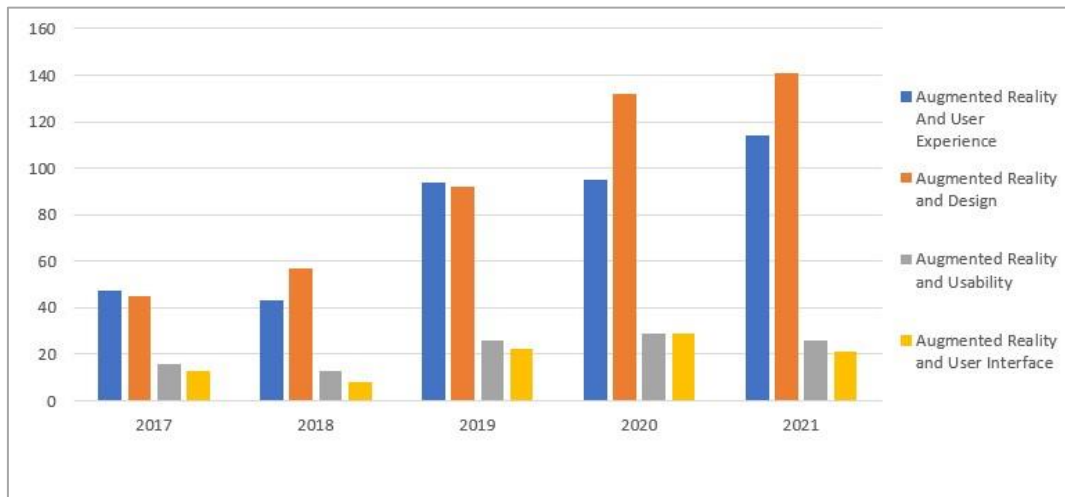
As buscas utilizando as palavras-chave “*Augmented Reality AND User Experience*” foram localizados 381 artigos. Partindo da leitura do título e do resumo foram excluídos artigos relacionados à saúde, modelagem 3D, robótica e que envolviam a tecnologia de Mixed Reality. Deste modo, foram selecionados 17. Em seguida, na busca por “*Augmented Reality AND Design*”, dos 497 listados, seguindo os mesmos critérios de exclusão, foram definidos 11 artigos. Para limitar os resultados a respeito da interface dos aplicativos em RA utilizou-se as palavras “*User Interface AND Design*” (UI), dos 97 artigos, 7 foram definidos. Em relação aos estudos direcionados a usabilidade foram listados 117 artigos e nesta busca foram incluídos artigos que tratavam de estudos de caso ou experimentos com dispositivos RA, resultando em 5 ocorrências. Na seleção final, foram considerados 40 trabalhos. Os resultados estão na [Tabela 1](#):

Tabela 1. Número de artigos encontrados em cada base de dados.

Base de Dados	Palavras-Chave			
	Augmented Reality AND UX	Augmented Reality AND Design	Augmented Reality AND Usability	Augmented Reality AND UI
Science Complete	17	0	15	13
Academic Search Premier	60	0	1	1
Web of Science	382	436	85	79
IEEE Xplore	64	109	16	12
Total de Artigos Diferentes	381	497	117	97

Fonte. Elaborado pelo Autor.

Para compreensão do desenvolvimento da tecnologia de RA alinhada aos estudos de interfaces digitais, a [Figura 16](#) apresenta a quantidade de estudos distribuídos por ano. Esta quantificação possibilita compreender para onde estes estudos convergem e quais fatores devem ser observados para adaptação das interfaces em AR.



[Figura 16.](#) Distribuição dos trabalhos selecionados por ano.
 Fonte: Elaborado pelo Autor.

É possível identificar um crescente número de publicações no decorrer dos anos, principalmente nas áreas de Experiência do Usuário e Design como um todo. O crescente número de estudos sobre a tecnologia de RA nos últimos anos comprova que a mesma pode ser considerada uma tecnologia emergente, possibilitando uma gama abrangente de novos estudos relacionados ao Design em RA.

Partindo da análise dos 40 artigos, foi feita uma nova análise com objetivo de identificar critérios que pudessem ser comuns entre os trabalhos e realizar a comparação entre estes. Para esta etapa, utilizou-se atributos de caráter mais expressivos, identificados na análise de conteúdo de artigos. Para alcançar o objetivo de classificar os estudos, foram utilizados os seguintes critérios:

- Método: contempla a metodologia aplicada no processo de inserção da tecnologia de RA;
- Dispositivo: apresenta o tipo de dispositivo que suporta RA, envolve dispositivos Mobile e HMD (*Head Mounted Display*);
- Interface: apresenta o tipo de interface aplicada na tecnologia RA;
- Performance: abordagem que demonstra contribuição para o desempenho da interface em relação ao dispositivo;
- Validação: contempla as etapas que validam a interface em RA;

- Público-alvo: apresenta o público para qual a interface desenvolvida foi projetada, demonstrando características de métodos.
- Usabilidade: engloba critérios que foram utilizados para verificar a usabilidade da interface em relação ao usuário.

Partindo destes critérios, os estudos foram analisados e categorizados de acordo com as suas respectivas abordagens, conforme o [Quadro 3](#).

Quadro 3. Categorização da estrutura dos artigos selecionados.

Nº	AUTOR	Método	Dispositivo	Interface	Performance	Validação	Público-alvo	Usabilidade	Total
1	Alce et al. (2015)	X	X	X		X		X	5
2	Arroyo (2016)	X		X		X	X	X	5
3	Barroso et al. (2019)	X				X	X		3
4	Cabero et al. (2017)		X	X		X	X	X	5
5	Clini et al. (2017)		X	x	X	x	X		5
6	Clini et al. (2014)	X	X	x		x	X		5
7	Frizziero et al. (2019)	X	X	X	X	X	X	X	7
8	Gelšvartas et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	X	7
9	Han et al. (2018)	X				X	X	X	4
10	Helin et al. (2018)	X	X	X		X		X	5
11	Hoppenstedt et al. (2019)	X			X	X		X	4
12	Kerr & Lawson (2019)	X			X		X	X	4
13	Ketterl et al. (2010)	X	X	X	X	X		X	6
14	J. Lee et al. (2017)	X	X	X	X	X	X	X	7
15	Lee & Lee (2016)	X	X	X	X	X	X	X	7
16	Lytridis et al. (2018)	X	X	X	X	X		X	6
17	Sanchez et al. (2017)		X			X	X	X	4
18	Montero et al. (2019)	X		X	X		X	X	5
19	Nanjappan et al. (2019)	X	X			X	X	X	5
20	Noreikis et al. (2019)		X		X	X	X	X	5
21	Oh et al. (2019)	X		X	X	X	X	X	6
22	Padmanaban et al. (2017)	X	X		X	X	X	X	6
23	Park et al. (2019)	X		X	X		X	X	5
24	Paulo et al. (2018)	X	X	X		X	X	X	6
25	Rizov et al. (2019)	X	X		X		X		4
26	Scholz & Smith (2016)	X			X		X	X	4
27	Shao et al. (2014)	X	X	X	X	X		X	6

28	Sidhu & Ying (2017)	X	X	X	X	X	X	X	7
29	Siriborvornratanakul (2018)	X	X	X	X	X	X	X	7
30	Sungkur et al. (2016)	X	X	X	X	X		X	6
31	Sural (2018)		X			X	X	X	4
32	Vazquez et al. (2016)	X		X	X		X	X	5
33	Videla et al. (2017)	X	X			X	X	X	5
34	Violante et al. (2019)		X		X	X	X	X	5
35	Weichelt et al. (2019)	X		X	X	X	X	X	6
36	Yang & Mei (2018)	X	X		X	X	X	X	6
37	Yin et al. (2019)		X	X		X	X	X	5
38	Zhang (2017)	X	X	X	X		X	X	6
39	Zhao (2018)	X	X	X	X	X	X	X	7
40	Zhou (2018)		X	X	X	X		X	5
Total		32	29	26	27	33	32	36	215

Fonte. Elaborado pelo Autor.

Em relação ao país onde o autor principal está vinculado, é possível identificar que grande parte dos estudos se concentra na China, USA, Espanha e Coreia (Figura 17).

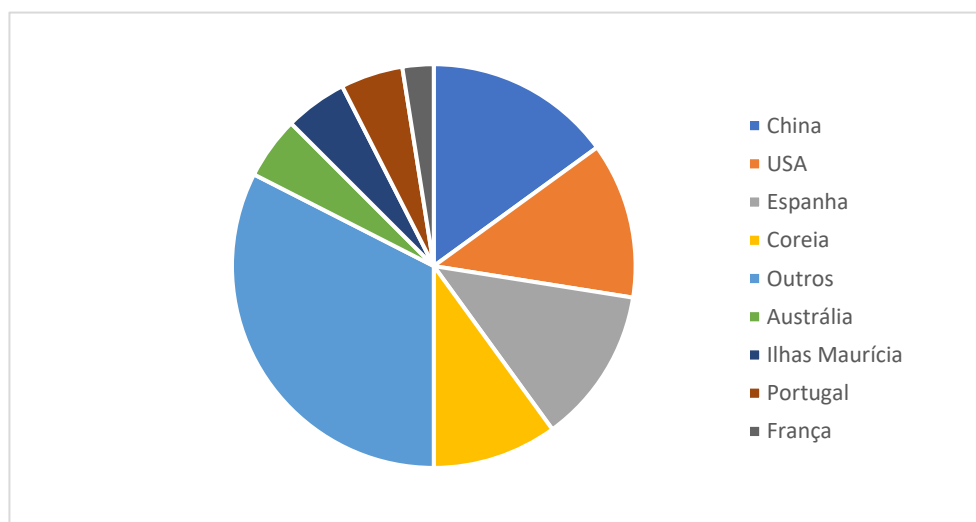


Figura 17. Países e publicações sobre o tema.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

É possível ressaltar que dentre os países com maior número de publicações sobre RA com abordagem envolvendo Interfaces e Usabilidade, 55% dos trabalhos em nível internacional estão concentrados em autores da China, Estados Unidos, Espanha e Coreia.

Os estudos selecionados apresentam diferentes tipos de enfoques teóricos, sendo que 35% demonstram abordagens de interfaces em RA voltadas para o processo de ensino, contemplando aspectos como aprendizagem mobile, utilização de dispositivos AR como ferramentas de ensino.

Cabe enfatizar que 30% apresentam estudos voltados para a experiência do usuário enquanto manuseio de dispositivo com RA.

2.5.1 Principais estudos sobre interface e usabilidade RA

Partindo das análises feitas na revisão bibliográfica demonstrada anteriormente temos os seguintes achados: Em relação ao foco em experiência do usuário, os estudos de Zhang et al. (2017); Zhou (2018), Yin et al. (2019) apresentam aspectos e características de interfaces que utilizam a RA como tecnologia base. O processo de reconhecimento de imagens, essencial para a projeção de objetos 3D em marcadores foi verificado nestes estudos e apresentaram resultados satisfatórios em relação ao uso da tecnologia em aplicações mobile.

Os trabalhos direcionados à Indústria concentram-se em pesquisas sobre o uso de RA como ferramenta para aumentar o engajamento de usuários em relação a produtos (SCHOLZ & SMITH, 2016). O estudo de Paulo et al. (2018) aborda critérios que podem influenciar a aceitação de ferramentas RA pelos usuários concentrando-se em aspectos como: manipulação e tempo de resposta. Nanjappan et al. (2019), após estudar o uso de interações gestuais com tecnologia de RA identificou que seus usuários preferiam uma interação por meio de botões virtuais visíveis por meio de RA do que botões presentes na interface, pois dificultaria a visibilidade dos objetos presentes na tela do dispositivo.

Segundo Siriborvornratanakul (2018), os usuários necessitam distribuir sua atenção entre o real e uma interface virtual. Deste modo, é preciso idealizar e projetar interfaces que simplifiquem o foco do usuário e proporcione um melhor engajamento com o software proposto, além de possibilitar diferentes alternativas de interação com os objetos tridimensionais projetados na tela.

Por fim, em relação ao uso de aplicações em RA voltados para a educação, os artigos com esse foco representam 35% dentre os estudos selecionados. Estudos que apresentam dispositivos RA para o processo de ensino-aprendizagem Inteligente (KETTERL et al., 2010), aprendizado de linguagens (YANG & MEI, 2018) e inserção de novas tecnologias no ensino superior (SURAL, 2018).

CAPÍTULO 3

Procedimentos Metodológicos

O objetivo deste capítulo é apresentar o percurso metodológico para se alcançar o objetivo da pesquisa, classificando-a conforme sugestão de Pádua (2019). Para isso, descreve-se a tipologia da pesquisa, o universo e dados da amostra, a ferramenta de coleta de dados, assim como os procedimentos estatísticos aplicados.

“Ciência é conhecimento organizado. Sabedoria é vida organizada?” (Immanuel Kant)

Segundo Pádua (2019), os procedimentos metodológicos constituem-se como meios, através dos quais se pode implementar um projeto de desenvolvimento de pesquisa científica. Na criação de interfaces existem diversas técnicas que reúnem e direcionam os processos criativos e que podem ser alinhados ao processo de desenvolvimento de software. Nesse sentido faz-se necessário definir um tipo de pesquisa que mais se ajuste com a área. Em relação à aplicação do produto em um cenário real, o Estudo de Caso foi escolhido para se alcançar um exemplo comparativo pré-aplicação da solução e pós-aplicação.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa teve seus procedimentos fundamentados no processo de inovação, *Design Thinking*, de Brown (2020) e na metodologia da pesquisa de Zhang et al. (2019) a qual utilizaram o modelo de Diamante Duplo para projetar e analisar um novo dispositivo para orientação de deficientes visuais. Tal modelo possibilitou o alcance da inovação centrada no ser humano, além de garantir a viabilidade econômica.

Algumas adaptações foram realizadas e serão justificadas ao longo deste capítulo. Na sequência, tem-se a classificação da pesquisa, a determinação da população, dos instrumentos de coleta de dados e a metodologia de análise destes dados.

3.2 TIPOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa foi classificada quanto ao seu objetivo, a técnica e ao método de abordagem conforme demonstrado a seguir.

3.2.1 Quanto ao objetivo da pesquisa

Em um contexto mais amplo, Pádua (2019) afirma que as tipologias de pesquisa surgiram para auxiliar o desenvolvimento das atividades de busca e coleta de dados. E para se trabalhar com tais ferramentas é necessário compreender a realidade em seus múltiplos aspectos e diferentes enfoques, além de recursos e das possibilidades do próprio pesquisador.

Observando os objetivos específicos desta pesquisa, é revelado o aspecto descritivo, pois a mesma trabalha com o levantamento da presença das variáveis e de sua caracterização quantitativa ou qualitativa, como também descreve a natureza das variáveis que se quer conhecer, e aspecto explicativo, pois busca identificar as causas dos fenômenos estudados, além de registrar e analisá-los, por meio da aplicação de métodos experimento/matemáticos, como pela interpretação de métodos qualitativos (KÖCHE, 2016). Este estudo é ainda uma pesquisa aplicada, pois objetiva investigar se ocorreu uma alteração no processo de planejamento e de desembarque de insumos em uma fábrica que adota o recebimento *Just In Time*, por meio do uso de interfaces projetadas em

RA em um ambiente industrial. Segundo Köche (2016), a pesquisa aplicada tem como objetivo primário resolver um problema concreto e imediato da sociedade.

3.2.2 Quanto às técnicas de pesquisa

Para a construção da base teórica deste estudo foi aplicada a pesquisa bibliográfica, construída e alimentada por meio de publicações em periódicos, livros, dissertações e teses.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida na tentativa de explicar um problema, utilizando o conhecimento disponível em diversas obras, levando o investigador a identificar o estado atual deste conhecimento (KÖCHE, 2016; PÁDUA, 2019). Torna-se imprescindível o uso dessa pesquisa uma vez que, por se tratar de uma tecnologia emergente e considerando que a abordagem da RA, em cenários industriais, sofre constantes mudanças, é necessário identificar o estado atual dos estudos relacionados a idealização e construção de interfaces específicas para uso desta tecnologia.

Para obtenção dos dados necessários para se alcançar a resposta deste estudo, foi realizado um estudo de caso numa fábrica do segmento eletrônico, produtora de televisores. Esta técnica de coleta de dados é utilizada com o objetivo de adquirir e classificar informações ou conhecimentos de um problema ou de uma hipótese que se queira comprovar (MARCONI & LAKATOS, 2003).

3.2.3 Quanto ao método de Abordagem

Dentro da área do Design a pesquisa utiliza o método do Duplo Diamante que consiste em uma forma simplificada de apresentar o processo de design. Segundo Gustafsson (2019), o método consiste em quatro fases, começando com uma ideia inicial e finalizando com a entrega de um produto ou serviço. Embora a forma de diamante duplo deva ser genérica em todos os projetos, ela possibilita alterações para que este possa se adequar às necessidades e características de cada projeto, estes podem ser o objetivo do projeto, como um produto ou serviço. Cada fase do diamante incorpora *loops* interativos nos quais a exploração e o teste podem ocorrer (DESIGN COUNCIL, 2007). As quatro fases do processo de design do Duplo Diamante são: Descobrir, Definir, Desenvolver e Entregar. A utilização do modelo de Diamante Duplo foi responsável por guiar e moldar as etapas deste estudo em relação à construção da solução proposta, além de proporcionar uma abordagem quali-quantitativa por apresentar dados quantitativos, em sua última etapa, relacionados à eficácia e eficiência do produto e dados qualitativos direcionados a satisfação do usuário ao produto. Esta abordagem possibilita, de forma direcionada ao design de interfaces, o experimento das vantagens da interface RA frente aos modelos convencionais. Dessa forma, promovendo novas pesquisas sobre ideação e concepção de interfaces RA dentro do contexto industrial.

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a presente pesquisa o procedimento metodológico ocorreu em quatro etapas seguindo a estrutura do Diamante Duplo, apresentado anteriormente. A etapa 1 contempla a primeira fase do primeiro diamante: descoberta. Para identificar o estado da arte relacionado às soluções já existentes com a tecnologia RA e das necessidades de aplicação desta tecnologia dentro do cenário industrial foi realizada uma busca em bases de dados nacionais e internacionais, para uma visão global das aplicações. Os resultados deste levantamento retornaram um cenário aberto para exploração de soluções de interfaces em RA, principalmente no que se diz à aplicação da tecnologia em diversos campos do processo industrial e principalmente com foco no usuário.

A etapa 2 é referente à fase de convergência do primeiro diamante: definir. Neste momento a definição do tipo de usuário ao qual a solução será direcionada. Esta etapa foi realizada por meio da criação de personas, jornada do usuário e *blueprint* de serviço.

A etapa 3 abrange a etapa de divergência do segundo diamante, desenvolver, que instiga a ideação de soluções que atendam de forma objetiva as necessidades do usuário/persona. Neste momento a construção da primeira proposta de interface em RA foi desenvolvida considerando todos os requisitos e premissas definidos na etapa 02 do método.

A última etapa, entrega, será alcançada com a construção de um protótipo em alta fidelidade da solução, utilizando a aplicação RA e o sistema Arduino UNO. Nesta etapa também será feita a coleta dos dados da aplicação com o usuário final com o objetivo de captar feedbacks e possíveis melhorias.

A Figura 18 demonstra o esquema do procedimento metodológico, considerando todas as etapas da pesquisa de acordo com as cores do Diamante Duplo (Figura 13).

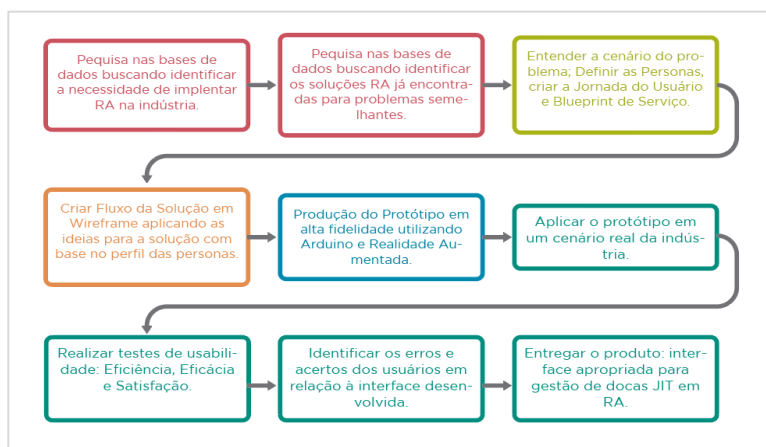


Figura 18. Fluxo da Pesquisa.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Alinhadas às etapas do Diamante Duplo, as ferramentas que foram utilizadas durante cada etapa do processo foram definidas com base no fluxograma idealizado por Teixeira (2017) que tem como objetivo: conectar etapas do desenvolvimento de projetos de interfaces, determinando a relação e a importância de cada informação na tomada de decisão, desde o levantamento de informações iniciais até a avaliação da interface em diferentes planos de projeto.

Este fluxograma, Figura 19, foi baseado seguindo a proposta de Garrett (2010), que possui como método o auxílio na idealização da experiência do usuário por meio de cinco planos. Essa idealização começa na parte estratégica e vai se moldando para algo concreto (interface). Os cinco planos são denominados: estratégico, escopo, estrutura, esqueleto e superfície.

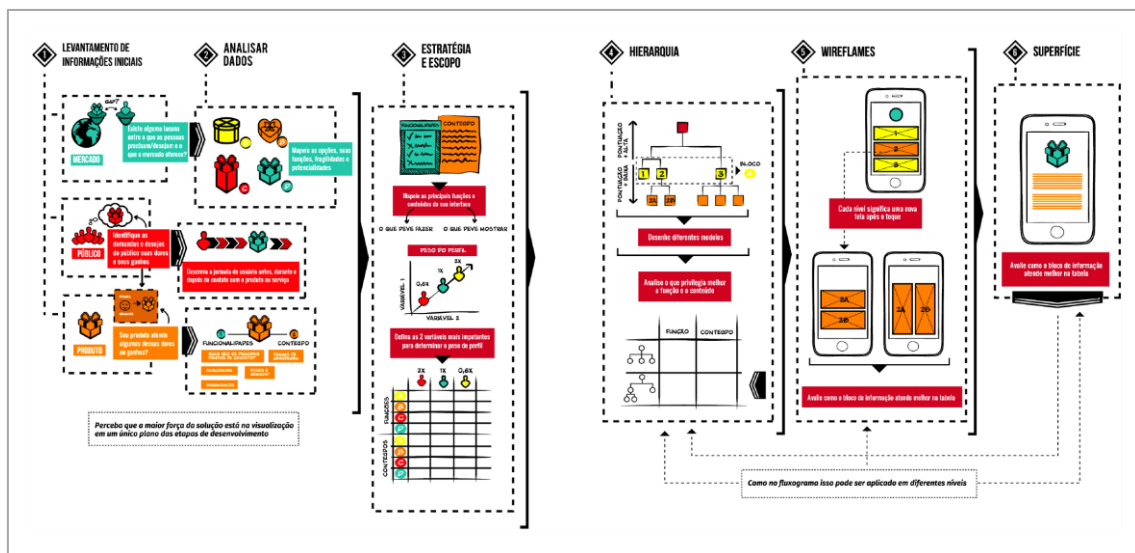


Figura 19. Fluxograma para interfaces Digitais. Fonte: Teixeira (2017).

3.4 Instrumentos de Coleta de Dados

Fundamentado na metodologia empregada na pesquisa de Zhang et al. (2019), um Estudo de Caso foi realizado, utilizando como objeto de estudo, uma fábrica de TVs e eletrodomésticos, localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM). Segundo Pádua (2019), esta técnica é considerada como um tipo de análise qualitativa e pode complementar a coleta de dados em um trabalho científico, ou constituir, em si, um trabalho monográfico.

Para esta pesquisa foi realizada a análise do ambiente onde a solução foi idealizada para atuar, as docas de entrada e saídas de insumos JIT (*Just in Time*). O JIT pode ser caracterizado por reduzir continuamente e eliminar processos de inventário na fabricação (ALVES, 1995). Desde o início da década de 1980, o JIT foi amplamente adotado por muitas empresas no Japão e nos EUA. Hoje em dia, ainda é considerado um método poderoso em diferentes setores industriais (Ohno, 1982). O

JIT visa reduzir o estoque ao nível mais baixo possível, eliminando desperdícios. Além disso, segundo Ohno (1982), os princípios básicos que garantem a implementação bem-sucedida do JIT são: envolvimento dos funcionários na tomada de decisões, participação de fornecedores e controle de qualidade total.

Partindo deste pressuposto, para um melhor detalhamento do ambiente teste, a planta baixa da fábrica foi consultada e analisada a fim de identificar as posições das docas em relação ao trajeto realizado pelos caminhões a partir do momento que entram no pátio da fábrica até sua locação em uma doca.

3.5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi fragmentada em duas etapas, sendo a primeira direcionada a compreender os resultados da análise do processo de gestão das docas JIT e, posteriormente, o resultado dos testes com a interface da aplicação RA, com foco na usabilidade. Contudo, quanto aos dados que caracterizam os respondentes, realizou-se a análise descritiva para ambos os instrumentos de coleta, com embasamento na estatística descritiva.

Segundo Reis (2002), a análise descritiva é a fase inicial do processo de estudos dos dados coletados. Contemplando métodos de Estatística Descritiva para organizar, resumir e descrever os aspectos fundamentais de um conjunto de características observadas ou comparar tais características entre dois ou mais conjuntos.

Os dados foram processados utilizando o software Microsoft Excel 2019. Os resultados estão representados por meio de tabelas e gráficos e discutidos no Capítulo 4.

3.5.1 Análise de usabilidade da interface da aplicação RA

Para esta análise direcionada à aplicação mobile, a fim de validar seu uso, foram aplicadas três métricas descritas por Mifsud (2020) a respeito da usabilidade de sistemas. O autor define métrica como um “sistema padrão de medição” representado em unidades que pode ser utilizado para descrever mais de um atributo. As métricas são muito úteis quando se trata de quantificar a usabilidade durante avaliação de softwares, sites e aplicativos.

Segundo a norma ISO 9241-11 usabilidade é definida como “a extensão em que um produto pode ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico”.

A ISO / IEC 9126-4 recomenda que as métricas de usabilidade devem incluir:

Eficácia: A precisão e integridade com que os usuários atingem os objetivos especificados.

Eficiência: Os recursos gastos em relação à precisão e integridade com que os usuários atingem os objetivos.

Satisfação: O conforto e a aceitabilidade de uso.

A eficácia foi calculada medindo a taxa de conclusão. Referida como a métrica de usabilidade fundamental, a taxa de conclusão é calculada atribuindo um valor binário de '1' se o participante do teste consegue completar uma tarefa e '0' se ele / ela não consegue. Sendo necessário obter um índice próximo a 100% para assegurar a eficácia do produto.

Devido à sua simplicidade, a taxa de conclusão é uma métrica muito fácil de entender, por isso é muito popular. Além disso, pode ser coletado em qualquer estágio de desenvolvimento. A eficácia pode, portanto, ser representada como uma porcentagem usando esta equação:

$$Effectiveness = \frac{\text{Number of tasks completed successfully}}{\text{Total number of tasks undertaken}} \times 100\%$$

Em relação a Eficiência, a mesma foi medida em termos de tempo de tarefa, ou seja, o tempo (em segundos e ou minutos) que o participante levará para concluir uma tarefa com êxito. O tempo necessário para concluir uma tarefa pode então ser calculado simplesmente subtraindo a hora de início da hora de término, conforme mostrado na equação abaixo:

Tempo da tarefa = Hora de término – Hora de início

Então, a eficiência da tarefa pode ser calculada com a seguinte equação:

$$Time Based Efficiency = \frac{\sum_{j=1}^R \cdot \sum_{i=1}^N \frac{n_{ij}}{t_{ij}}}{NR}$$

Onde:

N = O número total de tarefas (objetivos);

R = O número de usuários;

n_{ij} = O resultado da tarefa i pelo usuário j ; se o usuário concluir a tarefa com sucesso, então $n_{ij} = 1$ se não $n_{ij} = 0$;

t_{ij} = O tempo gasto pelo usuário j para concluir a tarefa i . Se a tarefa não for concluída, então o tempo é medido até o momento em que o usuário sai da tarefa. Nesta etapa é recomendado que a

solução alcance um índice de eficiência acima de 70% pois o tempo de execução da tarefa é relativo ao modo de interação do usuário com a solução.

Por fim, a satisfação do usuário foi avaliada por questionários de satisfação padronizados que foram aplicados após cada tarefa. Após a tentativa de realização de uma tarefa (independentemente de conseguirem atingir seu objetivo ou não), os usuários receberam um questionário para medir o quão difícil foi esta tarefa. Normalmente consistia em até cinco perguntas. Com isso, estes questionários pós-tarefa assumiram a forma de classificações em escala *Likert*, apresentando 5 ou 7 níveis de satisfação com o propósito de identificar se a experiência foi positiva ou negativa, sendo o objetivo fornecer uma visão sobre a dificuldade da tarefa, vista da perspectiva dos participantes. Para este estudo o teste SEQ (*Single Ease Question*) foi escolhido, por permitir de forma simples identificar nuances no nível de dificuldade apresentado em determinada tarefa (SAURO, 2012) de acordo com a escala *Likert*.

CAPÍTULO 4

Análise dos Resultados

O objetivo deste capítulo é apresentar os resultados obtidos a partir da aplicação do sistema IoT e da interface RA no cenário da fábrica de televisores e analisar os dados dos testes de usabilidade realizados com os usuários.

*“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino.”
(Paulo Freire)*

Após o levantamento bibliográfico e definição da metodologia, foram iniciadas as etapas do diamante duplo para a construção do sistema IoT e da sua interface partindo da análise do ambiente da fábrica de televisores. Em seguida, um protótipo de baixa fidelidade foi construído no microcontrolador Arduino para teste de desempenho do sistema RA com a finalidade de identificar pontos de melhoria e otimização da aplicação e prevenir possíveis falhas na construção da interface deste estudo.

4.1 ANÁLISE DO PROCESSO DE GESTÃO DE DOCAS NA FÁBRICA

A fábrica do segmento eletroeletrônico é uma das empresas pioneiras no mercado brasileiro de eletroeletrônicos, foi responsável pela fabricação dos primeiros aparelhos de TV e de rádio do Brasil.

Para a realização da análise do processo de gestão das Docas JIT da fábrica a planta baixa foi organizada e reformulada para uma melhor análise, ocultando informações desnecessárias para este estudo, [Figura 20](#).



[Figura 20](#). Planta baixa da fábrica do segmento eletroeletrônico.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após setorizar a planta baixa, foi possível identificar os principais pontos de parada dos caminhões para entrega de insumos nas docas de JIT, essas vagas foram representadas pelos retângulos amarelos. As docas JIT tem como base o conceito de que nenhum produto deve ser fabricado, transportado ou adquirido antes do momento exato. Desta forma, as matérias-primas devem chegar à fábrica somente quando elas forem utilizadas. As vias dão acesso à toda a fábrica contornando seus espaços e possibilitando uma melhor circulação.

A fábrica do segmento eletroeletrônico possui três pátios de carga, sendo um deles o principal com maior capacidade de docas de JIT e os outros dois com vagas laterais ao redor dos setores 02, 03 e 04 como demonstrado na Figura 21.



Figura 21. Localização dos pátios de Carga da fábrica do segmento eletroeletrônico.
Fonte: Elaborado a partir do Google Maps (2021).

O processo de entrega de insumos se inicia pela entrada dos caminhões pelo Portão de acesso do pátio principal e estes acessam principalmente as docas de JIT do pátio. A partir deste momento é necessário um controle do tempo em que aquele caminhão está parado na vaga definida. Esta gestão é feita de forma manual sem o auxílio de um sistema administrativo. Desta forma, sempre que algum eventual atraso aconteça em alguma das docas os caminhões seguintes devem aguardar para acessar àquela vaga. Estes atrasos resultam em perda de produção e eventualmente perda de insumos.



Figura 22. Doca JIT da fábrica de Televisores.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DO SISTEMA IOT COM INTERFACE EM RA

Antes do início do desenvolvimento do sistema e da interface final foi realizado um estudo de hardware, por meio de protótipo de baixa fidelidade, com o objetivo de verificar a viabilidade no uso do microcontrolador Arduino neste trabalho. O desenvolvimento deste protótipo se deu em duas etapas: desenvolvimento da aplicação RA e construção do sistema utilizando o microcontrolador Arduino e a realização de teste de desempenho de hardware.

O aplicativo protótipo foi desenvolvido utilizando o SDK Vuforia. A escolha baseou-se pela simplicidade de se trabalhar com as ferramentas de RA integrada a *Engine Unity 3D* e por possibilitar acesso gratuito. Isso implica que, para o desenvolvedor, o aplicativo pode ser construído utilizando um código-fonte único, que será processado e compilado em diferentes linguagens de programação, próprias de cada sistema operacional móvel. A estrutura do sistema pode ser visualizada por meio da [Figura 23](#) onde o microcontrolador Arduino identifica o veículo que entrar no pátio por meio do componente RFID e envia as informações do veículo para o sistema integrado ao computador, este por sua vez envia as informações para o dispositivo mobile que reproduz estas por meio da RA possibilitando uma melhor interação e visualização do tempo de ocupação de cada veículo de carga.

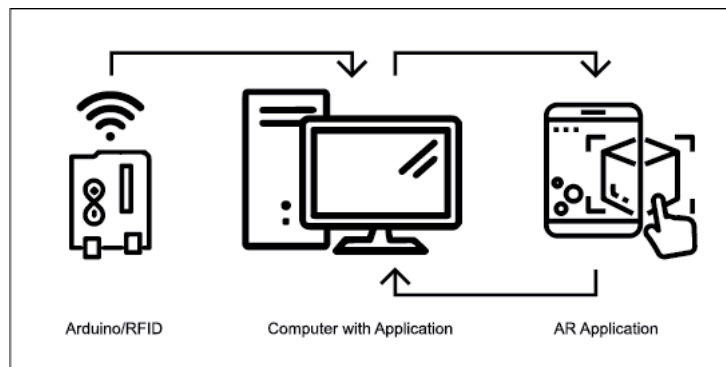
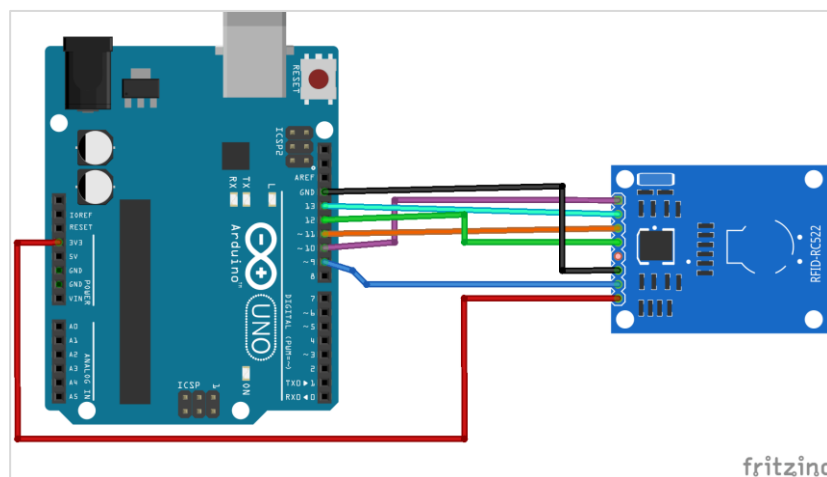


Figura 23. Esquema de comunicação no sistema IoT.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.2.1 RFID

RFID é uma tecnologia de identificação automática que funciona com base na emissão de sinais de rádio, capazes de identificar e enviar informações contidas em tags (AYDOS & FERREIRA, 2016) que podem estar ligadas ou incorporadas aos objetos. Através das tags RFID pode-se conhecer a identidade, localização atual, condição e história de um objeto sem nenhuma intervenção humana (BRINTRUP et al., 2010). A captura de dados em tempo real a cada etapa do processo sincroniza o fluxo de produtos e o fluxo de informações, reduzindo ou eliminando os erros. A [Figura 24](#)

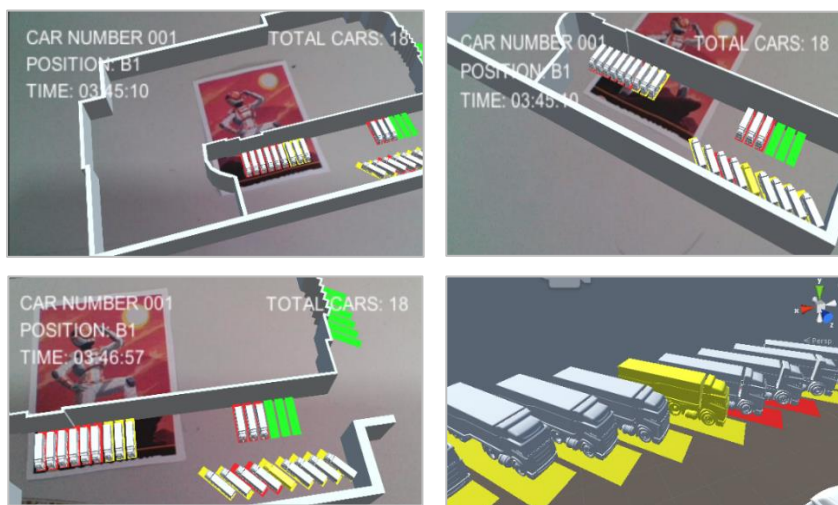
apresenta o circuito construído utilizando o microcontrolador Arduino UNO juntamente com o componente RFID para se criar uma conexão wi-fi para transmissão das informações contidas nos veículos que irão se alojar no pátio da fábrica.



Fonte: Elaborado pelo Autor.
Figura 24. Esquema RFID com Arduino UNO.

4.2.2 Experimento de Função RA

Ao final da construção do circuito Arduino com RFID foi realizada a conexão com a *engine* de desenvolvimento Unity 3D integrada com o SDK Vuforia, que possibilita o uso de visualizadores RA e reconhecimento de marcadores para rastreamento e visualização de modelos 3D. O experimento construído possui as seguintes funções e elementos de interface: indicador de tempo que um veículo está em uma vaga, o número do veículo, a posição em que ele está parado e o número total de vagas disponíveis. Ao receber a informação do RFID a aplicação no computador a interpreta e envia para o dispositivo mobile permitindo que as informações sejam visualizadas em RA.



Fonte: Elaborado pelo Autor.
Figura 25. Demonstração do experimento

Para facilitar o manuseio e compreensão das informações foram implementadas docas de diferentes cores para representar o tempo que um veículo está ocupando a vaga e quais estão disponíveis ou em uso: Verde (Disponível), Amarelo (Ocupado), Vermelho (Em Atraso).

Em seguida, foi realizada uma análise de desempenho de hardware. Para esta análise foi utilizada uma ferramenta do software Unity que mede e demonstra informações de desempenho da aplicação em tempo real. O teste consistiu em verificar as características de hardware durante o reconhecimento de um marcador e renderização do objeto 3D. Os resultados podem ser visualizados na [Tabela 2](#).

Tabela 2. Análise de Desempenho da aplicação RA

Itens de Otimização	Aplicação Proposta	
	Sem presença de objetos RA	Com presença de objetos RA
<i>CPU</i>	32.0ms	169.5ms
<i>Batches</i>	5	211
<i>Tris</i>	1.8k	13.1M
<i>Screen</i>	2560x1440	2560x1440
<i>Render Threads</i>	26.1ms	164.3ms
<i>Saved by batching</i>	0	0
<i>Verts</i>	5.2K	7.1M
<i>Shadow Casters</i>	0	180
<i>Visible Skinned Meshes</i>	0	0

Fonte. Elaborado pelo Autor.

Após a análise dos dados coletados foi possível identificar que a aplicação apresenta um bom desempenho ao reconhecer o marcador definido. Porém é possível observar um aumento significativo no uso da CPU e no uso de *Threads* de renderização. Esse consumo está ligado ao uso de modelos 3D com grande número de polígonos (*Tris*).

Em relação ao tempo de resposta, a partir da coleta de informação do RFID, a aplicação respondeu de forma satisfatória alterando de forma eficaz o status de cada vaga de acordo com a entrada de novas informações pelo sensor. Dessa forma, o microcontrolador Arduino se mostrou adequado para uso nesse estudo.

4.3 PRIMEIRA ETAPA – DESCOBERTA

Além da realização da revisão sistemática da literatura outra ferramenta aplicada nesta primeira etapa foi a entrevista semiestruturada, Anexo A, que segundo Pádua (2019), possui como principal vantagem a chance de maior proximidade e de maior interação entre o entrevistador e a pessoa entrevistada. Dessa forma, abrindo novas possibilidades de aprofundamento em assuntos

mais complexos, referente aos significados pessoais do entrevistado. O objetivo dessa primeira atividade foi compreender, de forma geral, o processo de gerenciamento dos pátios e como cada funcionário afetava essa atividade. Foram entrevistados três funcionários: Usuário (a), responsável pelo planejamento de chegada dos containers; Usuário (b), responsável pela organização e controle geral da fábrica; Usuário (c), responsável pela coordenação da equipe de planejamento.

Após a validação do hardware e da entrevista com os usuários, para definição do objeto deste estudo, deu-se continuidade à primeira etapa do Diamante Duplo. As ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste produto foram embasadas no material *The Field Guide to Human-centered Design: Design Kit* (IDEO, 2015) e no Fluxograma de Teixeira (2017).

4.3.1 Matriz CSD

Para compreender o cenário atual e os seus processos em relação ao objetivo dos *stakeholders*, foi realizada a dinâmica intitulada Matriz CSD, Figura 26, ferramenta de UX que consiste no levantamento de Certezas, Suposições e Dúvidas acerca da problemática em questão.



Figura 26. Matriz CSD da Pesquisa.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Partindo dos pontos expostos na Matriz CSD ficou evidente o questionamento a respeito da utilização da Realidade Aumentada como tecnologia em evidência neste produto, assim como, as incertezas a respeito de como aplicá-la em um produto que seja simples, prático e de fácil

aprendizagem pelo usuário. Contrapondo as dúvidas, as certezas e suposições se concentram nos benefícios da aplicação de um produto simples para o gerenciamento de pátios na fábrica, assim como seu custo em relação ao mercado.

Como especificado no Fluxograma para Interfaces Digitais, a primeira etapa é direcionada ao levantamento de informações iniciais e para isso é necessário compreender o mercado, o público e o produto.

4.4 SEGUNDA ETAPA – DEFINIR

Após a coleta dos dados e imersão no contexto do estudo, que se deu por meio de pesquisa básica, revisão sistemática da literatura e entrevista, passou-se para a segunda etapa do Diamante Duplo, denominada “Definição”. Para esta fase, foram utilizadas as ferramentas: Personas, Mapa de Empatia, Mapa da Proposta de Valor e o Blueprint de Serviço com Jornada do Usuário.

4.4.1 Personas

Segundo Adlin et al. (2006), as personas são ficcionais, específicas e representações concretas dos usuários-alvo. É importante ressaltar que elas não são inventadas, e sim embasadas em pesquisa. Para este estudo foram idealizadas duas personas, sendo uma ideal e uma média, desenvolvidas com base nas entrevistas e na observação do cenário. A persona ideal é aquele usuário imprescindível, já a persona média compartilha algumas necessidades da ideal, mas possuem necessidades adicionais.

Partindo da compreensão do processo da fábrica, da hierarquia e da divisão de funções, foi criada a persona ideal, chamada Guilherme Almeida, 26 anos e solteiro. Dentre suas principais funções na fábrica, ele é o responsável por planejar os horários de chegada dos caminhões na fábrica e apresentar soluções para possíveis problemas de atrasos. Vale ressaltar que cada uma dessas personas teve uma vinculação com uma pessoa real, que não está sendo revelada para preservar o sigilo da empresa e das pessoas envolvidas com o projeto.

Buscando personificar um perfil relacionado ao mercado, a persona média foi criada e é representada por Ricardo Santos. Como diretor do setor de logística, Ricardo possui uma visão mais abrangente em relação à implementação da solução na fábrica. Com o objetivo de obter um melhor desempenho de produtividade e se posicionar no mercado em relação às inovações da indústria,

Ricardo possui uma personalidade mais ativa e sempre busca trazer novas inovações para o cenário de produção.



Figura 27. Persona Ideal: Guilherme Almeida.
 Fonte: Elaborado pelo Autor.

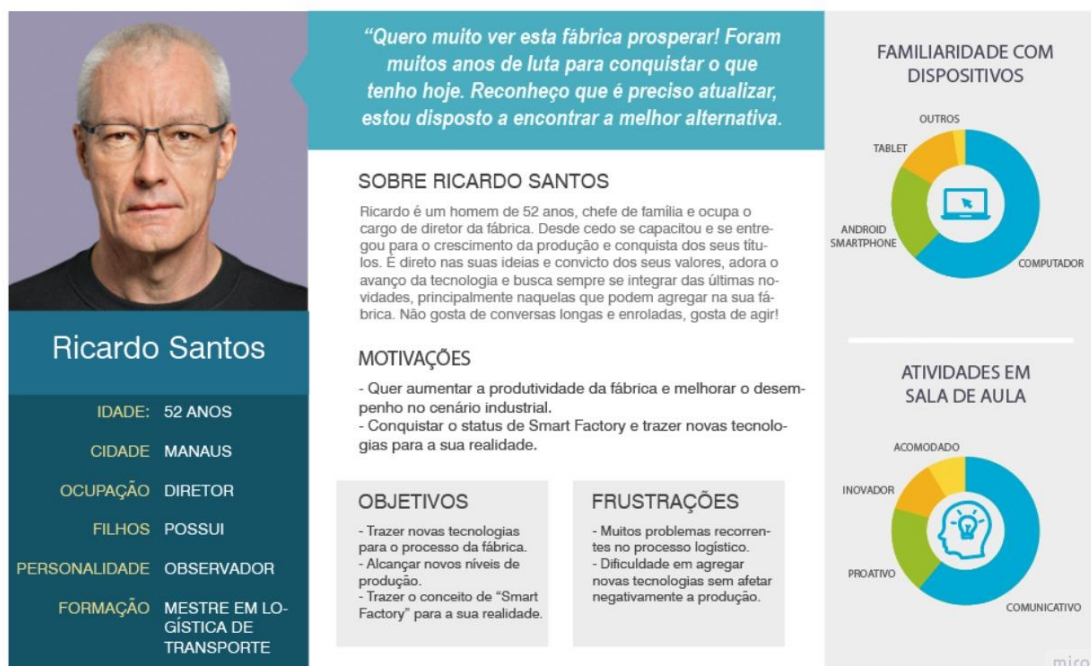


Figura 28. Persona Média: Ricardo Santos.
 Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após a criação da Persona Guilherme Almeida foi possível estabelecer os primeiros critérios que o sistema e a interface deveriam possuir. A primeira questão diz respeito ao trabalho manual que o mesmo precisa realizar durante a etapa de verificação do pátio de carga e sobre a instabilidade do sistema principal da fábrica. Com esses pontos, foram definidos os seguintes critérios:

- A interface deveria ser inicializada de forma rápida e direta.
- A interface deveria apresentar informações da situação do pátio de carga.
- O sistema deve se comunicar com o *smartphone* do usuário.

Em relação a Persona Ricardo Santos, foi possível extrair informações sobre as expectativas sobre a eficácia e eficiência do sistema em relação a integração com o processo atual da fábrica. Os principais requisitos encontrados foram:

- A instalação do sistema não deve afetar outros sistemas já instalados nas docas.
- O valor para a aquisição do produto não pode ser alto.
- O sistema e a interface devem ser simples de utilizar e oferecer aprendizagem rápida.

Buscando compreender, de forma mais profunda, o público para qual a solução foi desenvolvida o mapa de empatia foi construído.

Segundo Quaiser (2018), este é um método que auxilia a definir a persona que representa o cliente. Tendo como fundamento principal a compreensão, de modo mais empático, as ideias e percepções da persona em relação ao ambiente. Este tipo de instrumento traz situações hábeis para a construção de novos modelos de negócios. São seis reflexões diferentes necessárias para preencher o mapa de empatia: O que ele escuta; O que ele vê; O que ele pensa e sente; O que ele fala e faz; Suas dores e seus ganhos. A [Figura 29](#) representa o mapa de empatia das duas personas.

Os principais achados destes mapas estão diretamente ligados as expectativas dos usuários quanto a solução dos problemas apontados. O principal ponto é o tempo de execução de certas atividades. Ambas as personas gostariam de alguma ferramenta que auxiliasse e reduzisse o tempo de realização de alguma atividade, seja com o objetivo de obter mais conforto nas atividades diárias quanto em relação a custos de produção. Dessa forma, o sistema e a interface proposta devem trazer informações ou funções que reduzam o tempo de resposta das informações no processo de planejamento da chegada dos insumos.

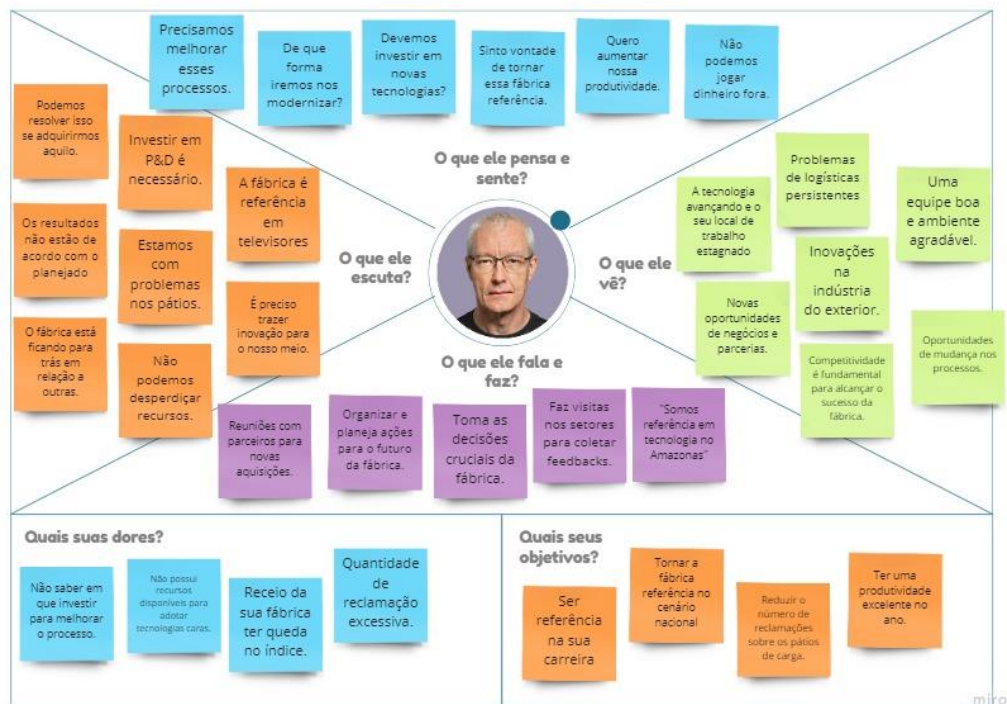
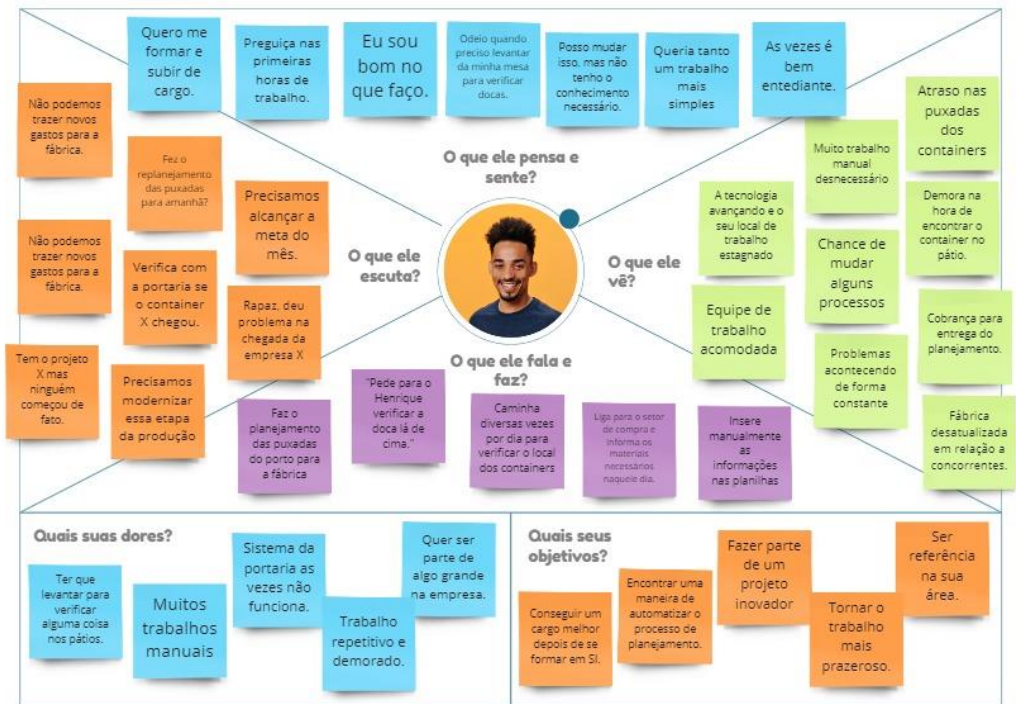


Figura 29. Mapas de Empatia das Personas.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.4.2 Mapa da proposta de Valor

Neste ponto, a segunda etapa do Fluxograma para Interfaces Digitais foi alcançada, sendo necessário mapear as oportunidades, as fragilidades e as potencialidades de mercado. As utilizadas foram duas: Mapa da proposta de valor e Jornada do Usuário.

Após a construção deste mapa foi possível destacar requisitos essenciais para a hierarquia de funções do MVP (Mínimo Valor do Produto) e estabelecer a conexão entre as funções do produto com as necessidades do usuário. Dentre os requisitos encontrados é possível destacar: Mobilidade, eficiência, controle visual e automação.

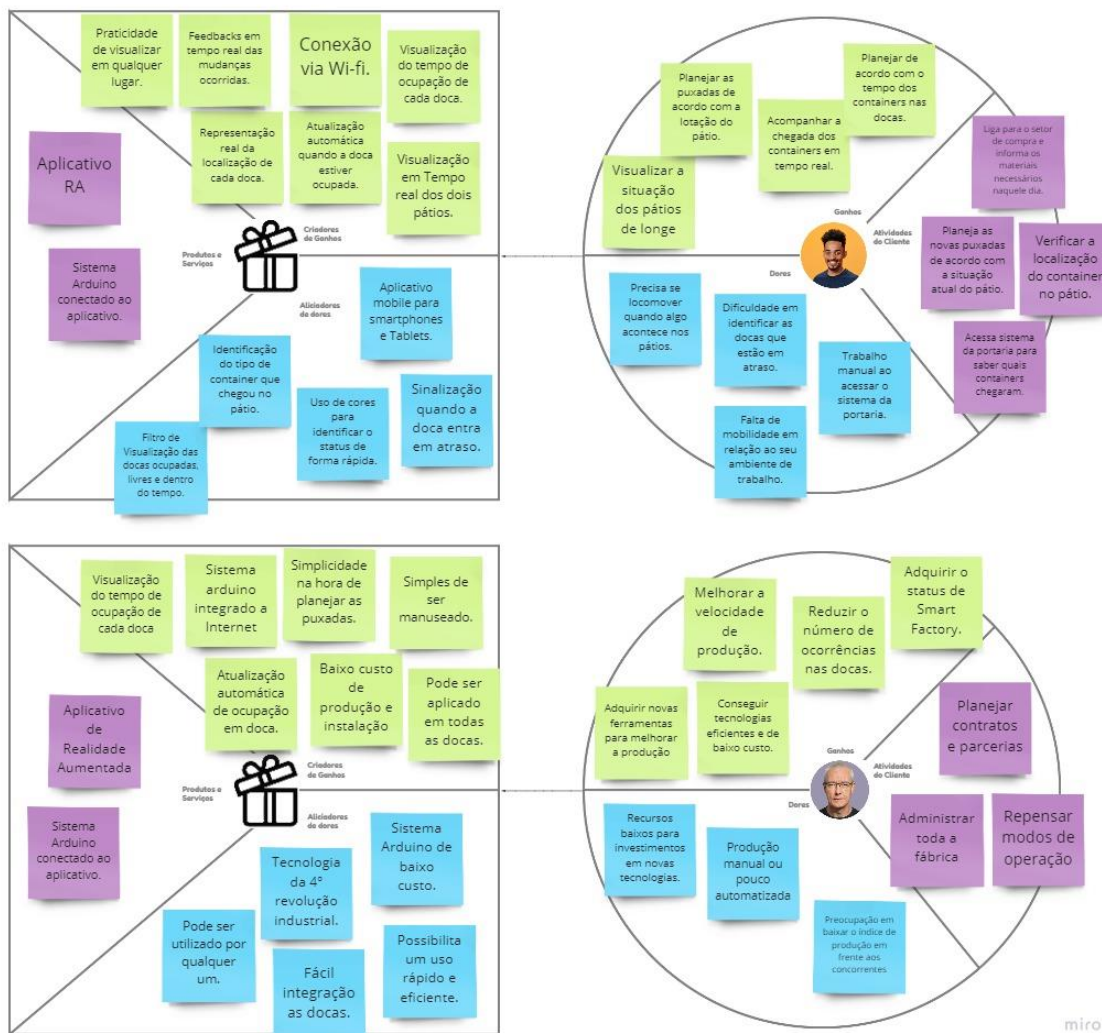


Figura 30. Mapas da proposta de valor.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A projeção deste mapa para as duas personas evidencia a relação entre produto e público de forma mais delimitada. Para a persona ideal o produto necessita apresentar um conjunto de funções e ferramentas que tragam conforto e que possam tornar prática algumas atividades do seu dia a dia. Para a persona média o produto necessita trazer um valor no sentido de eficiência para a fábrica como um todo, proporcionando uma melhora no desempenho do processo de produção.

4.4.3 *Blueprint de Serviço e Jornada do Usuário*

Ao compreender as dores e necessidades da persona ideal, a Jornada do Usuário foi o próximo passo para demonstrar como seria o uso do sistema RA dentro do cenário da fábrica de televisores, identificando os principais pontos de contato do usuário com a aplicação durante a realização das atividades.

Partindo da Jornada do Usuário, o Blueprint de Serviço foi construído com o objetivo de identificar a atuação do sistema RA em três camadas distintas: *Frontstage*, *Backstage* e *Support*. Na primeira camada observa-se como o sistema se apresenta para o usuário, é o primeiro esboço da interface. Na segunda camada encontram-se as principais funções internas da aplicação e os requisitos para o seu funcionamento. Por fim, na última camada temos os requisitos de hardware e software necessários para a execução correta do sistema como um todo.

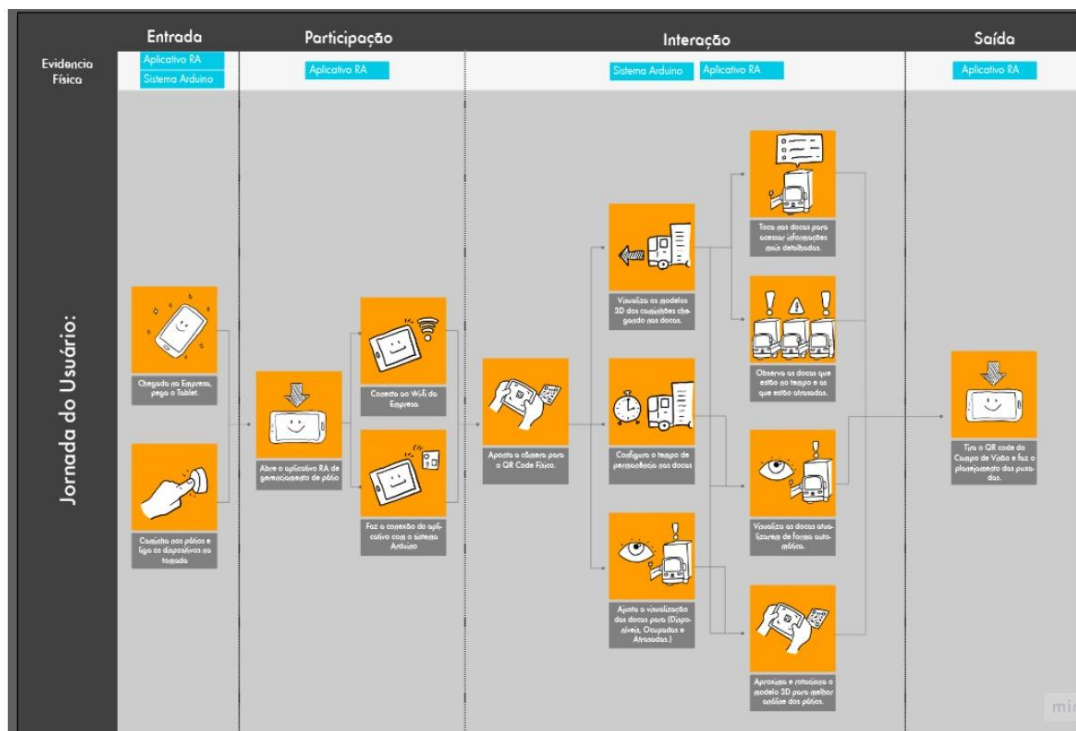


Figura 31. Jornada do Usuário.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

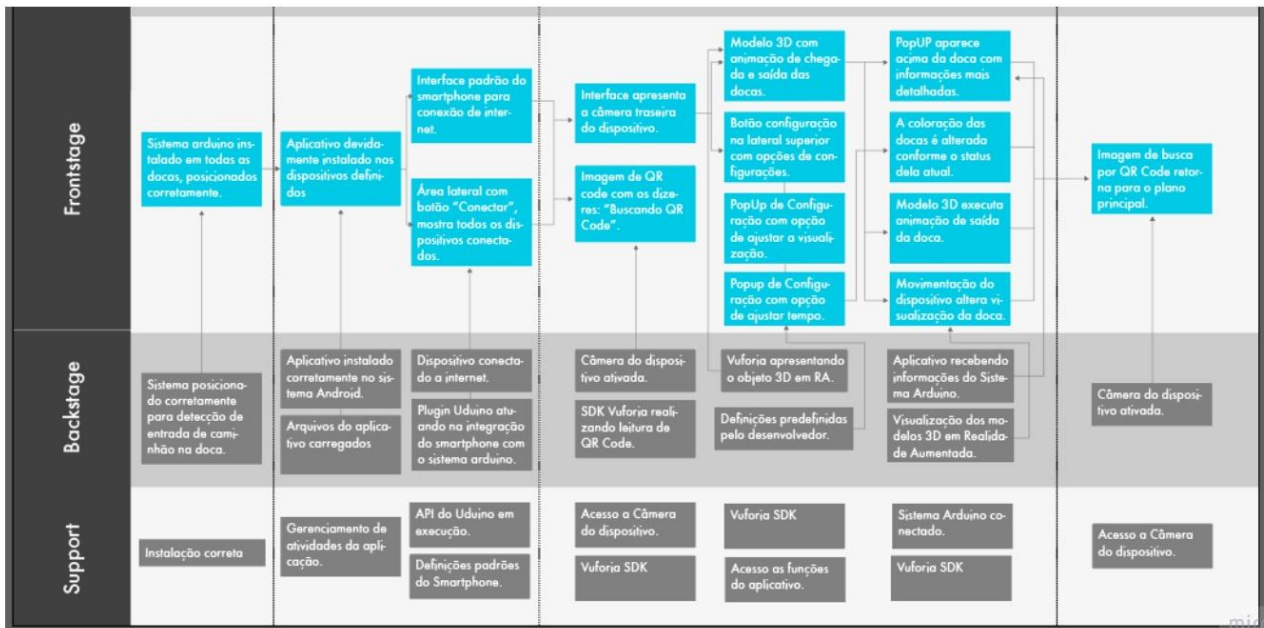


Figura 32. Blueprint de Serviço do Produto.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.5 TERCEIRA ETAPA - DESENVOLVER

Alcançando o terceiro campo do Diamante Duplo, Desenvolvimento, foi necessário realizar a definição do escopo que o MVP iria apresentar. Para isso, seguimos paralelamente para a terceira etapa do Fluxograma para Interfaces Digitais, Estratégia e Escopo. É nessa etapa onde são definidas as variáveis e calculados os pesos das Personas que serão impactadas na solução e assim definir o escopo do protótipo da solução. As personas são fundamentais para definir o peso da interface visual da solução, principalmente no ponto de vista de função e conteúdo.

4.5.1 User Goals

Para esse cálculo e construção do *User Goals*, foram listados os critérios e funções descobertas nas etapas anteriores e em seguida, as duas personas foram postas lado a lado onde, partindo do seu perfil e dos achados encontrados nos mapas, estabeleceu-se pontos de acordo com o nível de prioridade de cada função para a persona, seguindo para o nível de complexidade de desenvolvimento, Figura 33.

Tasks	Guilherme Almeida (Persona 1)	Ricardo Santos (Persona 2)	Complexidade	Prioridade
Criar conta no aplicativo.				
Fazer login no aplicativo.				
Visualização total dos pátios de carga.				
Visualização do Tempo de permanência nas docas.				
Visualizar objetos 3D em Realidade Aumentada				
Situação das Docas atualizadas de forma automática				
Opção de visualizar docas específicas.				
Identificar o tipo de container que está na doca.				
Identificar quando um caminhão sai da doca?				
Facilidade de manuseio				
Informações centralizadas e em tempo real.				
Feedbacks visuais sobre a situação da doca.				
Visualizar o tempo que o caminhão permanece na doca.				
Facilidade de implementação do sistema arduino na doca.				
Uso de RFID para identificar os containers.				
Contato com a portaria para atualizar.				
Uso de Sensores de presença nas docas.				

Figura 33. Prioridades das Personas.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após o cálculo das prioridades no *User Goals*, foi possível identificar seis incidências. Segundo o perfil das personas, a função de maior prioridade é a visualização total dos pátios da fábrica, pois com esta visualização o planejamento dos horários de chegada nas docas seria feito de forma mais ágil. Seguido por: Sinalização de mudança do status da doca (Dentro do tempo, Livre, ou em Atraso); Identificação do tipo de carregamento que está na doca; Visualização de saída do caminhão na doca; Visualização do tempo de permanência do container na doca; Uso de sensores para automatizar as alterações nas docas.

4.5.2 User Flow

Seguindo para a quarta etapa do Fluxograma, Plano Estrutural (Hierarquia), foi necessário estabelecer a hierarquia da interface visual do produto. Nesta etapa, as funções selecionadas no passo anterior foram colocadas como prioridades e as funções com menos pontos de prioridade foram adicionadas para complemento da aplicação. Desta forma, o *User Flow*, Figura 34, foi criado com o objetivo de possibilitar a visualização hierárquica das escolhas do usuário e a apresentação das funções de maior prioridade na interface final.

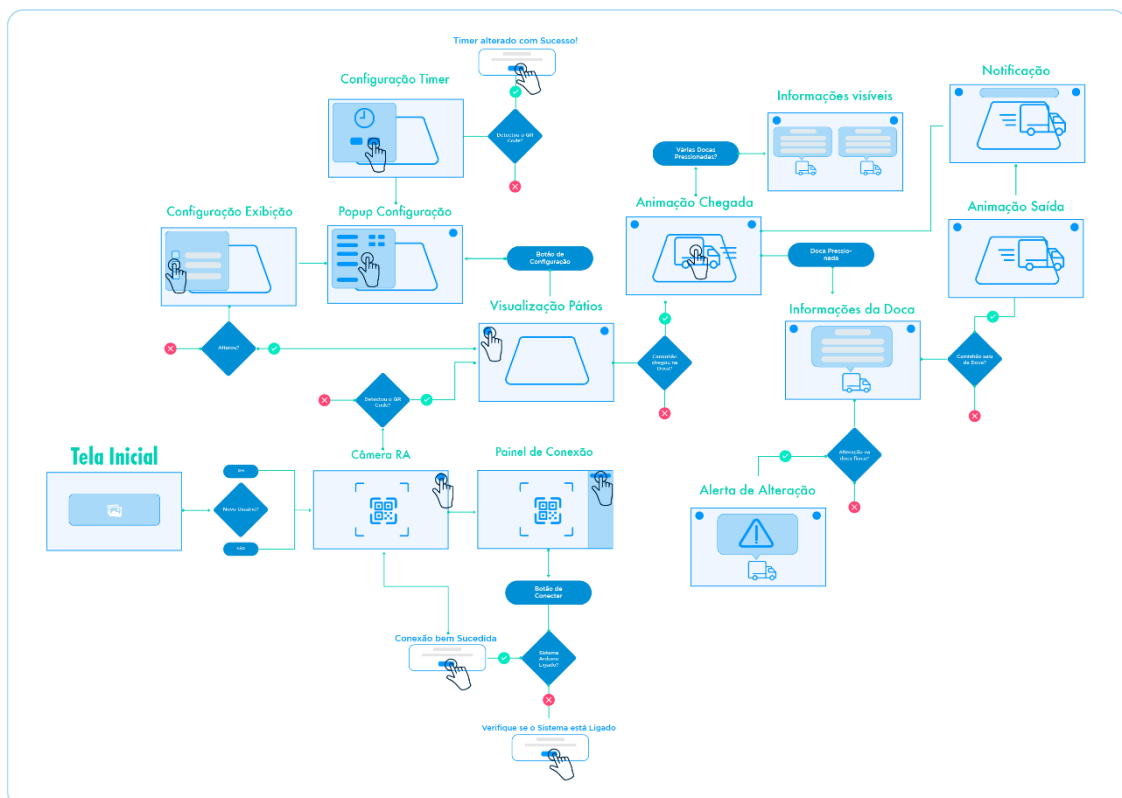


Figura 34. User Flow da solução.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com a construção do *User Flow* também foi possível prever possíveis erros de fluxo do usuário durante o uso da aplicação e assim definir estratégias para mitigá-los, como a adição de popups de segurança, funções de retorno e novas telas. O resultado desta análise gerou o *Wireframe* da aplicação.

4.5.3 Wireframe

A etapa seguinte, segundo o Fluxograma, é o esqueleto. Nesta foi construído o *Wireframe*, Figura 35, da solução com base na hierarquia estabelecida. Este processo permite evidenciar os itens com maiores pontuações e desenvolver uma interface que corresponda aos anseios das personas.

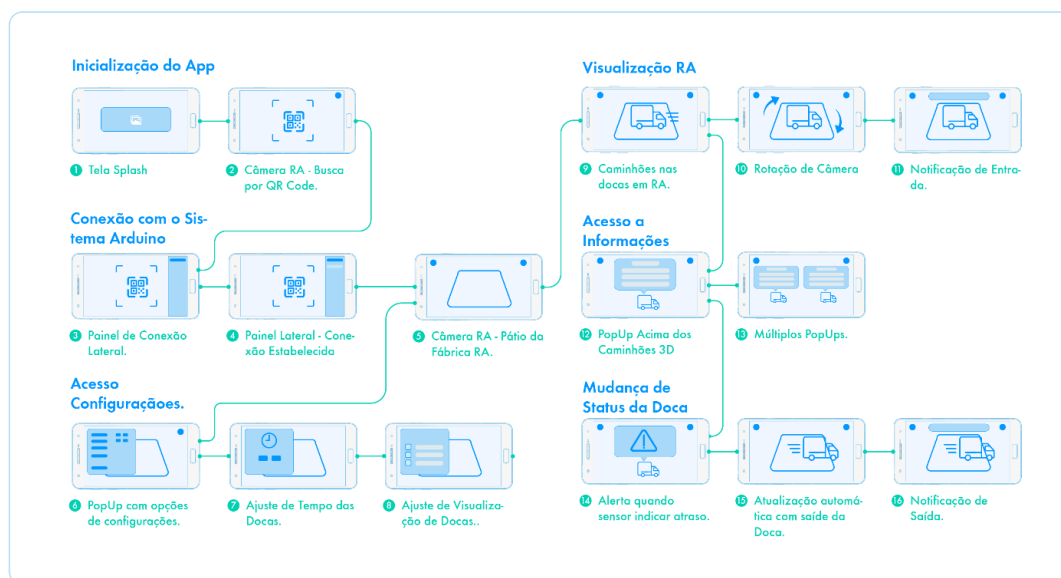


Figura 35. Wireframe da Solução
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como etapa final no processo de ideação da interface, um painel semântico foi criado, Figura 36, como guia para criação da identidade visual do produto. Segundo Reis & Merino (2020) o painel semântico é uma ferramenta que faz parte da categoria de painéis imagéticos, que possuem como característica principal o uso de referências visuais para orientação de equipe de projetos. As imagens podem ser organizadas em diferentes configurações, não possuindo regras específicas.

Com a construção do painel semântico foi possível identificar certos padrões para cores como o laranja e o azul, e iconografia com o uso de ícones para acesso às funções de forma direta. Outro ponto encontrado no painel foi a transparência de elementos como botões e quadros de

informações. Tal efeito visual evita que estes elementos possam sobrepor elementos do ambiente real.

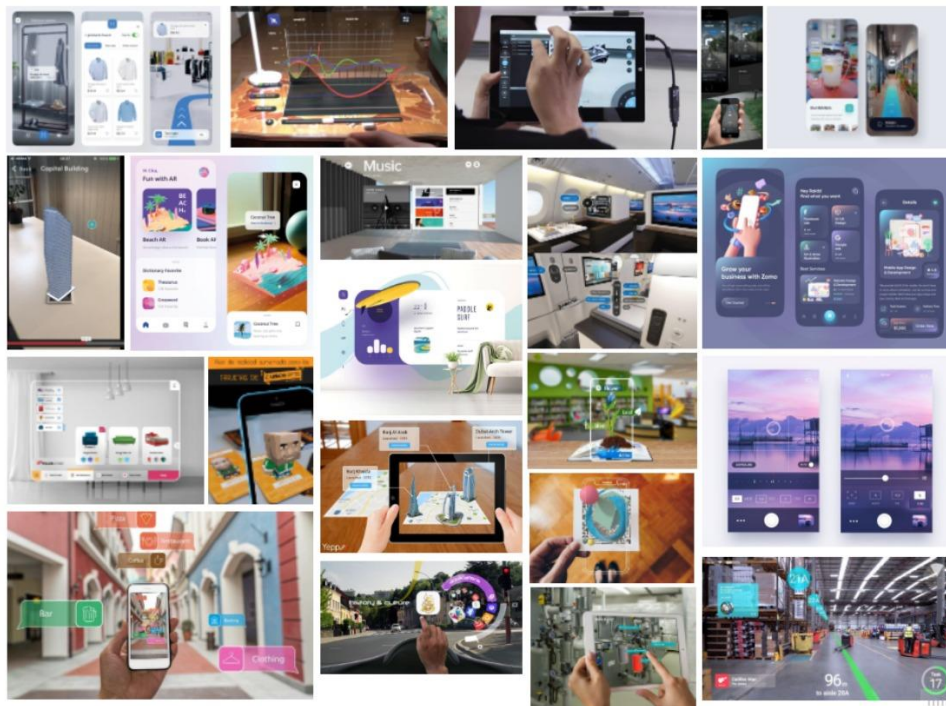


Figura 36. Painel Semântico do produto.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.6 QUARTA ETAPA - ENTREGA

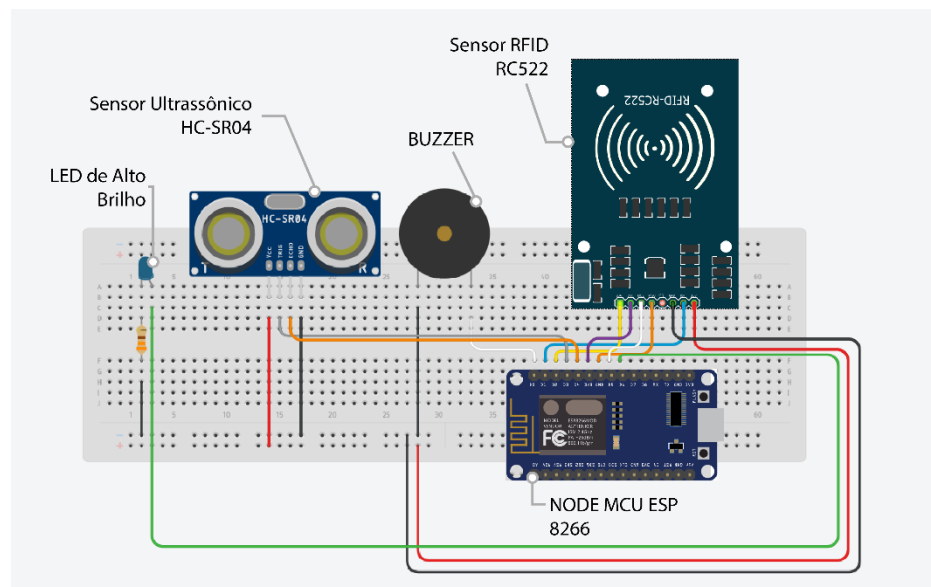
Chegando a última etapa do Diamante Duplo e do Fluxograma, na camada Superfície, temos a entrega do produto desenvolvido. Neste momento foram realizadas: a produção do protótipo e os testes com os usuários.

4.6.1 Construção do Sistema IoT

Para a construção do Sistema IoT/Arduino o esquema produzido anteriormente foi melhorado por meio da adição de novos componentes. Dentre as alterações temos:

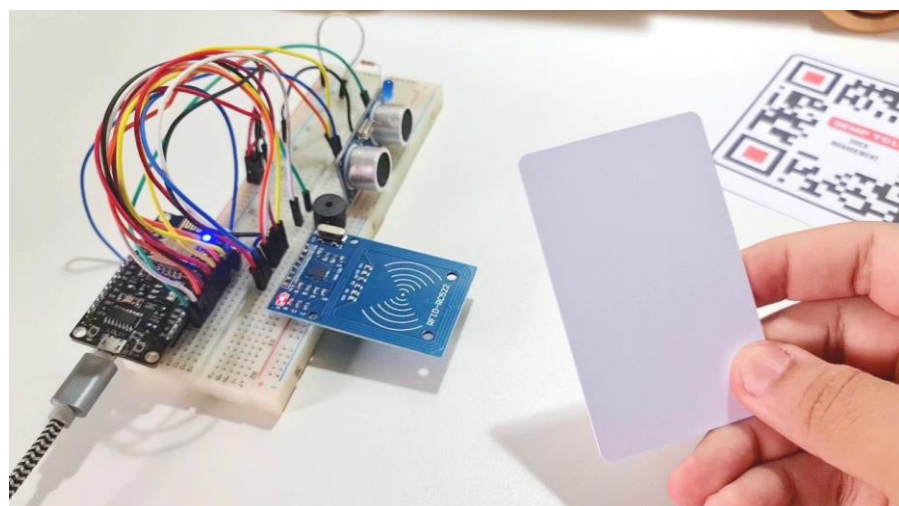
- 1) Mudança no microcontrolador Arduino. A versão “UNO” foi substituída pela versão “Node MCU ESP8266”. Essa alteração se deve pela presença do componente Wi-fi no modelo “Node”;
- 2) Adição do componente Ultrassônico, modelo HC-SR04, para detecção automática da presença de caminhões nas docas físicas;
- 3) Adição de componentes de sinalização (LED de alto brilho e *Buzzer*). Ambos os componentes emitem sinais visuais e sonoros respectivamente;

Para identificação do tipo de carga que o caminhão está portando o sensor RFID RC522 foi mantido, sendo alterada apenas sua função primária. Na primeira versão do protótipo, este sensor era responsável por detectar a presença do caminhão na doca. O esquema atualizado pode ser visualizado a seguir na [Figura 37](#).



[Figura 37](#). Esquema IoT atualizado.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O sistema IoT, após ser montado, apresentou uma estabilidade favorável para ser replicado. Todos os componentes se comunicaram de forma satisfatória, possibilitando a interação com a aplicação RA. A [Figura 38](#) apresenta o sistema IoT finalizado.



[Figura 38](#). Sistema IoT Finalizado.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.6.2 Desenvolvimento da Interface RA

Para o desenvolvimento do segundo protótipo e da sua interface RA, foi retomado o primeiro projeto, desenvolvido para coletar informações do Hardware, antes do processo do Diamante Duplo. Desta forma, o software de desenvolvimento Unity e o SDK Vuforia foram utilizados novamente.

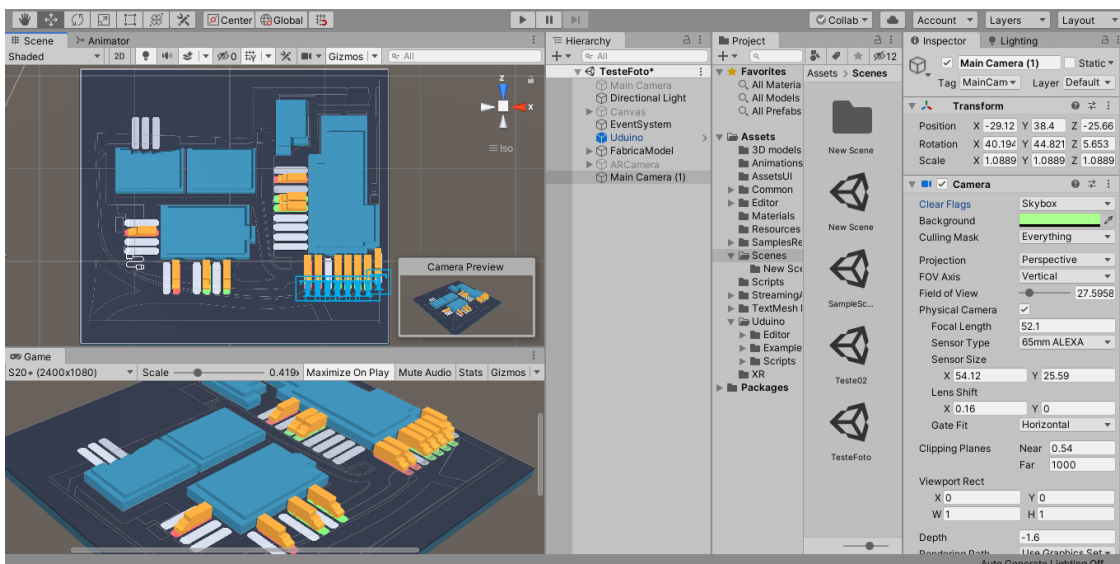


Figura 39. Interface da Engine Unity 3D com o projeto RA.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dentre as alterações realizadas nesta nova versão da aplicação RA temos:

- 1) Mudança nos modelos 3D que representam a fábrica, os pátios e os caminhões nas docas;
- 2) Implementação de notificações em cada mudança de status das docas;
- 3) Animações de entrada e saída dos caminhões nas docas;
- 4) Painel de conexão com o sistema IoT via Wi-fi;
- 5) Implementação do sistema de status das docas.

Ao final do período de desenvolvimento, o arquivo “.Apk” foi gerado e instalado num dispositivo móvel Tablet modelo *Samsung Galaxy A2*.

4.7 APLICAÇÃO DA SOLUÇÃO NA FÁBRICA DE TELEVISORES

Para a consolidação desta primeira proposta de interface, o teste com o usuário final foi necessário. Seguindo as métricas de usabilidade propostas por Mifsud (2020), a Eficácia, Eficiência e a Satisfação do Usuário foram analisadas a fim de obter uma comprovação da aplicabilidade da solução na fábrica de acordo com as necessidades das pessoas.

A primeira etapa para realização dos testes foi definir as tarefas que os usuários deveriam realizar. O [Quadro 4](#) apresenta as tarefas definidas.

Quadro 4. Tarefas do usuário nas sessões de testes.

NÚMERO	DESCRIÇÃO
1	Conectar o dispositivo Mobile ao Sistema Arduino.
2	Posicionar e rastrear o QR Code para visualizar a RA.
3	Identificar os pátios da fábrica por meio da visualização em RA
4	Identificar a doca número 001 apenas por meio da visualização em RA
5	Acessar as informações da Doca 001 em RA
6	Fechar o quadro de informações das docas.
7	Identificar quando uma doca está em atraso
8	Identificar e acessar as configurações do Aplicativo.
9	Acessar as configurações e ajustar o tempo limite da doca.
10	Acessar as configurações e ajustar a visualização das docas.
11	Identificar o tipo de carregamento que está chegando na doca.
12	Identificar quando um caminhão chega e sai da doca.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao realizar as tarefas 1, 9 e 10 os usuários evidenciariam possíveis erros e acertos na construção da interface fixa na tela. As tarefas número 7, 11 e 12 buscaram identificar o correto funcionamento da conexão entre a aplicação RA e o sistema IoT. As demais, verificar a percepção e interação do usuário com os elementos tridimensionais visualizados em 3D. A ordem das tarefas representa o roteiro que o usuário deveria seguir na sessão de testes.

Antes do início dos testes, o sistema IoT foi posicionado e instalado em uma doca cedida pela direção, **Figura 40**. A doca possuía ligação elétrica e contava com outro sistema de sinalização já instalado.

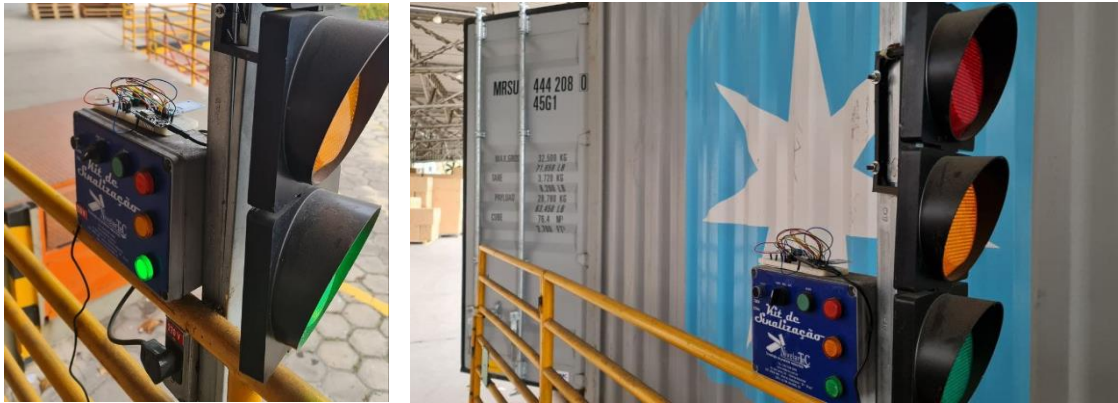


Figura 40. Sistema IoT instalado em uma doca física.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Posteriormente, as sessões ocorreram de forma presencial na fábrica de televisores e contaram com nove funcionários convidados, todos ligados diretamente ou indiretamente com o processo de logística das docas. As sessões foram gravadas e aconteceram de forma individual com duração máxima de quarenta minutos.

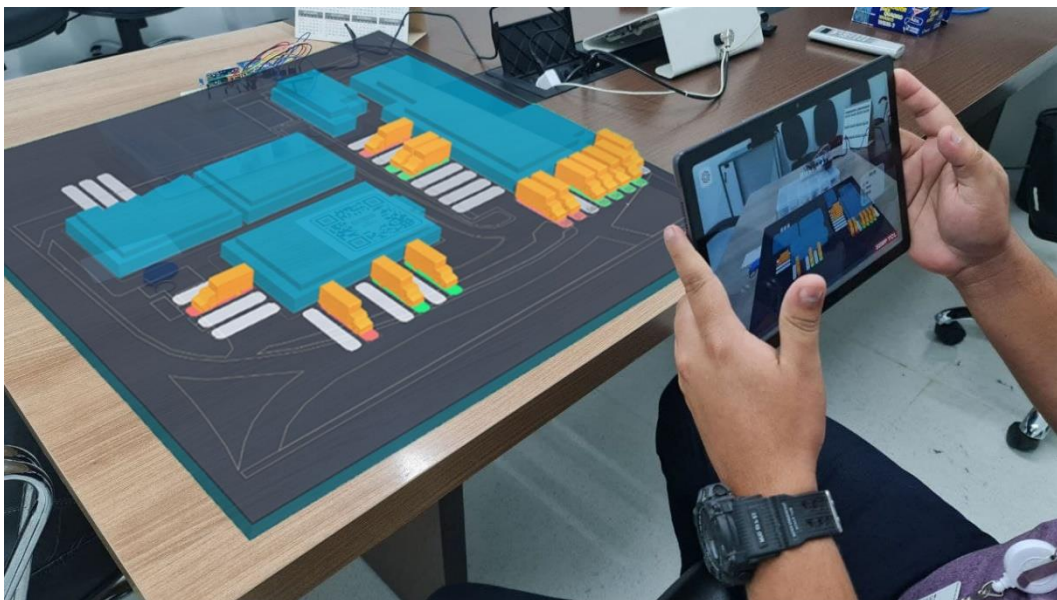


Figura 41. Representação da visualização do modelo 3D em RA.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.7.1 Análise dos Testes

Com o objetivo de verificar a **Eficácia** da aplicação e da interface desenvolvida, a [Tabela 3](#) foi criada contendo os resultados de conclusão e falha de cada participante na execução das tarefas.

Tabela 3. Resultados de Eficácia da Interface.

Participante	Tarefas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Usuário 1</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 2</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 3</i>	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Usuário 4</i>	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 5</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 6</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 7</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Usuário 8</i>	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
<i>Usuário 9</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte. Elaborado pelo Autor.

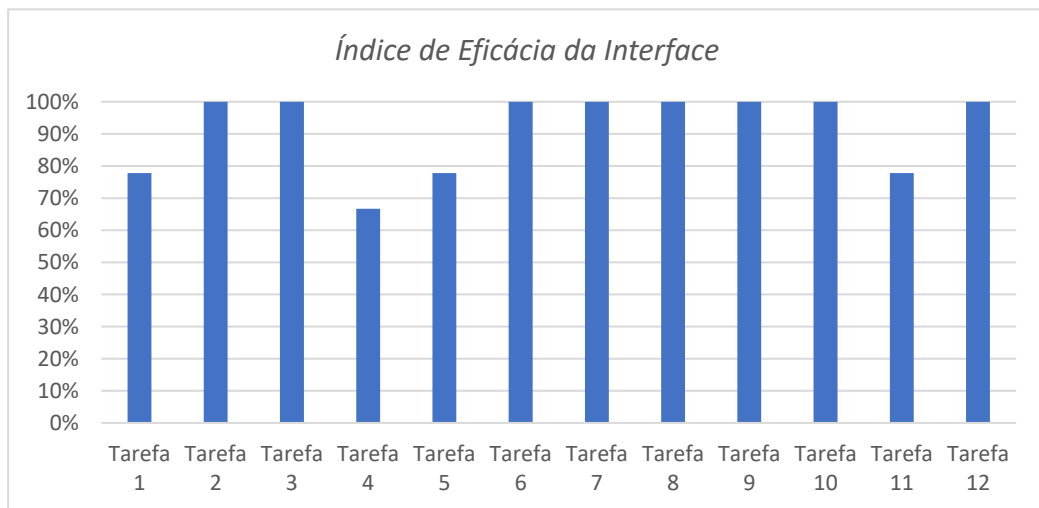


Figura 42. Índice de sucesso em cada objetivo.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir do gráfico foi possível identificar as principais funções da aplicação que apresentaram alguma condição para sua não conclusão:

- a) Na tarefa 01 os participantes relataram dificuldades em encontrar o botão para abrir o painel de conexão com o sistema IoT. Esta questão está ligada a transparência do botão e o seu tamanho.
- b) A tarefa 04 apresentou instabilidade devido à distância da visualização da fábrica em 3D.
- c) A falha na tarefa 05 estava direcionada a problemas de software referentes ao tamanho das áreas de *touch* das docas. Impossibilitando o usuário de abrir a janela de informações.
- d) Na tarefa 11 os usuários relataram dificuldades em visualizar a informação do tipo de carga que estava alocada na doca.

Os resultados obtidos nesta análise demonstram as lacunas a partir do emprego do método, possibilitando visualizar, de forma direta e assertiva, as funções que apresentaram impedimentos de continuidade no fluxo da solução. Entretanto, 66,6% dos objetivos apresentaram uma taxa de eficácia igual a 100% demonstrando um bom funcionamento das funções referentes a visualização RA.

A segunda tabela teve como objetivo a análise da **Eficiência** da interface. Esta representa a medida em termos de objetivo por tempo de execução, o que possibilitou verificar o tempo gasto pelo usuário na realização de cada objetivo.

Vale ressaltar que devido ao tipo de tarefa definido, acesso de função e visualização de elementos, foi definido que para se obter um resultado satisfatório neste quesito, o tempo de realização de cada objetivo deveria ser inferior ou igual a 10 segundos, equivalentes a uma média de 0.15 objetivos/segundo. O resultado pode ser visto na [Tabela 4](#) a seguir:

Tabela 4. Resultados de Eficiência da Interface.

Participante	Tarefas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Usuário 1</i>	20s	5s	2s	10s	22s	19s	3s	4s	7s	5s	21s	5s
<i>Usuário 2</i>	22s	3s	3s	10s	14s	10s	4s	3s	6s	6s	16s	6s
<i>Usuário 3</i>	35s	3s	3s	25s	30s	9s	3s	5s	12s	9s	31s	7s
<i>Usuário 4</i>	35s	2s	2s	24s	20s	12s	3s	4s	9s	8s	19s	5s
<i>Usuário 5</i>	21s	2s	2s	15s	18s	10s	2s	2s	6s	6s	20s	3s
<i>Usuário 6</i>	20s	5s	3s	12s	12s	8s	2s	2s	5s	5s	21s	4s
<i>Usuário 7</i>	19s	5s	2s	9s	10s	9s	4s	3s	6s	4s	18s	5s
<i>Usuário 8</i>	22s	4s	3s	20s	28s	10s	5s	5s	8s	7s	29s	8s
<i>Usuário 9</i>	25s	5s	2s	15s	20s	10s	2s	2s	10s	8s	15s	6s

Taxa de Eficiência(o/s)	0,03	0,30	0,42	0,06	0,05	0,10	0,35	0,34	0,14	0,16	0,04	0,19
-------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fonte. Elaborado pelo Autor.

Em seguida, uma barra de progressão, em porcentagem, foi feita a fim de se ter uma melhor visualização dos objetivos que apresentaram um resultado abaixo do estipulado. Foi possível observar uma semelhança no gráfico de Eficácia nas tarefas 1, 4, 5 e 11.

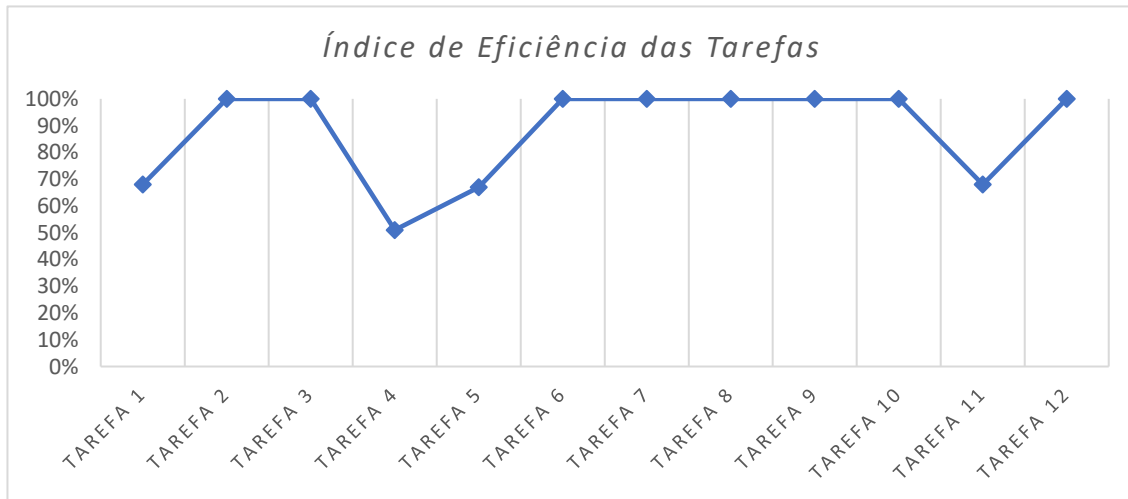


Figura 43. Eficiência da Aplicação RA.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Partindo para a última análise dos testes temos a satisfação do usuário em relação a execução dos objetivos definidos. Para esta análise o questionário SEQ (Single Ease Question) foi utilizado para coletar o feedback ao final de cada tarefa concluída. A pergunta feita foi: “Qual o nível de dificuldade que você sentiu ao realizar esta tarefa?”. Para mensurar esta dificuldade a escala Likert foi utilizada com uma amplitude de cinco valores: 1 para “Muito difícil” a 5 para “Muito Fácil”. O resultado está exposto na figura abaixo:

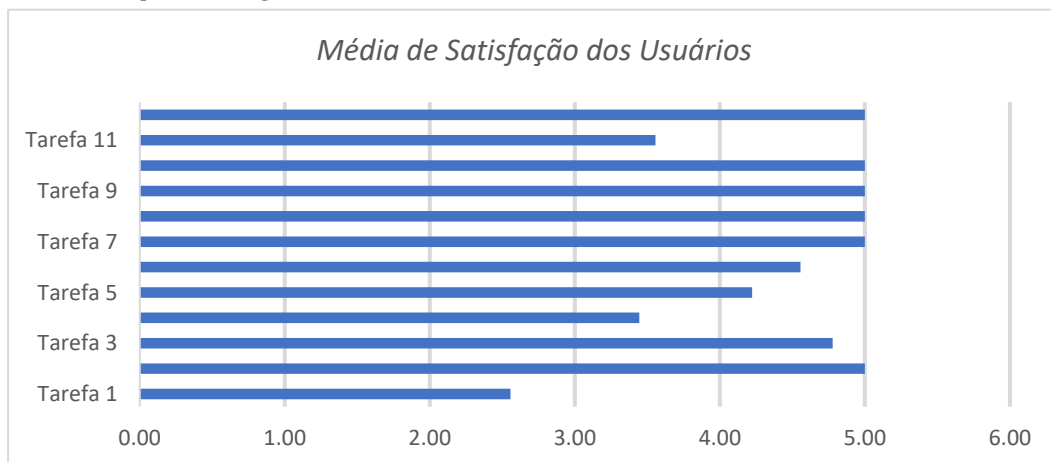


Figura 44. Média de satisfação em relação aos objetivos.


Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para o encerramento desta etapa, todos os questionamentos, pontos positivos e negativos e a sequência de passos do usuário, foram analisados e inseridos em quadros descritivos, utilizados para identificar o que funciona e o que não funciona em cada objetivo além de problemas técnicos encontrados. Os quadros estão dispostos a seguir:

Task 1
O usuário deveria realizar a conexão do aplicativo com o sistema Arduino posicionado na doca por meio do botão "conectar"

✓ O que funciona?
O acesso é simples e direto. Por possuir apenas o botão "conectar" é fácil para o usuário realizar a ação. O sistema Arduino conecta de forma rápida e eficaz.


✗ O que não funciona?
O botão só pode ser encontrado ao abrir o painel lateral que fica desabilitado até o usuário precionar o botão de conexão wi-fi.

Dificuldades e Bugs Encontrados

Dificuldade
O usuário encontrou dificuldades em localizar o painel para conectar os dispositivos.
"Infelizmente não encontrei onde faz para conectar... É nesse botão pequeno?"

Task 2
O usuário deveria posicionar a câmera do tablet no QR code específico para visualizar

✓ O que funciona?
A ação é simples, o usuário não sente dificuldades em apontar a câmera do celular para o QR Code.


✗ O que não funciona?
O tamanho do QR code pode atrapalhar um pouco na leitura do mesmo. O objeto 3D se apresenta no tamanho relativo a distância do QR code e do dispositivo.

Dificuldades e Bugs Encontrados

Bug
O objeto 3D ficava apresentando instabilidade em relação ao QR code.
"é normal ficar tremendo assim?"

Task 3
O usuário deveria identificar os dois pátios da fábrica representados em realidade aumentada.

✓ O que funciona?
Os funcionários da fábrica reconhecem facilmente os dois pátios da fábrica pois a representação é baseada na planta baixa da mesma.


✗ O que não funciona?
Para os usuários inexperientes ficou difícil identificar os pátios (superior e inferior).

Dificuldades e Bugs Encontrados

Dificuldade
Por não possuir distinção entre os pátios os usuários inexperientes não os identificaram.
"Esse aqui é o pátio superior e esse é o inferior?"

Task 4
O usuário deveria identificar a Doca número 001 apenas pela visualização em RA.

✓ O que funciona?
• Após identificar a sequência de numeração das docas o usuário conseguiu encontrar a doca.
• Feedback por meio da notificação.


✗ O que não funciona?
O tamanho da numeração dificultou o usuário encontrar a doca 001 de forma fácil.

Dificuldades e Bugs Encontrados

Bug
Dependendo de um certo ângulo de visão os números desapareceriam, e só retornavam ao mudar o ângulo de visão.
"Não, não achei a número 001, espera aí que eu vou encontrar."

Task 5
O usuário deveria acessar as informações da doca 001 ao precionar a doca em RA.

✓ O que funciona?
O botão funciona e apresenta as informações de forma rápida e clara.

✗ O que não funciona?
O tamanho da área de toque para acessar as informações é muito pequeno. Dependendo da distância de visualização o botão fica inacessível.

Dificuldades e Bugs Encontrados

Dificuldade
Dificuldade em pressionar o "botão" para acessar as informações da Doca.
"Não estou conseguindo tocar na doca! está muito pequeno."

Task 11
O usuário deveria identificar o tipo de carga que está chegando na doca.

✓ O que funciona?
A informação é atualizada com um tempo de resposta rápido e é apresentada de maneira organizada no balão de informações.

✗ O que não funciona?
A informação é alterada dentro do balão sem apresentar nenhum tipo de feedback ao usuário.


Dificuldades e Bugs Encontrados

Dificuldade
Dificuldade em visualizar a informação referente ao tipo de caminhão que chegou na doca.
"Onde que está dizendo que a doca é de carga ou de descarga de material?"

Figura 45. Quadro com Feedbacks e Ocorrências nos objetivos.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.8 A PROPOSTA DE INTERFACE RA

Após estas análises, a proposta da interface foi revisada novamente a fim de corrigir os elementos que apresentaram falhas na sua execução ou entendimento. As novas alterações estão listadas a seguir e demonstradas na [Figura 46](#):

- 1) Adição do botão de conexão seguindo o padrão do restante da aplicação;
- 2) Melhoria no painel de conexão. Adaptação para o padrão de cores da aplicação e aumento das fontes.
- 3) Melhoria nos modelos 3D dos caminhões e refinamento das animações de chegada e saída.
- 4) Ajuste dos ícones utilizados na interface.
- 5) Correção dos “bugs” encontrados no processo de conexão com o sistema IoT.
- 6) Ajustes na estabilidade dos modelos 3D ao serem visualizados em Realidade Aumentada.

Em relação à tela principal, o padrão mais minimalista foi adotado com a adição do desfoque dos elementos interativos (botões e painéis). Por meio do “menu”, as opções de configurações aparecem fixas na tela e permitem ao usuário alternar, entre ligado e desligado, os elementos tridimensionais.

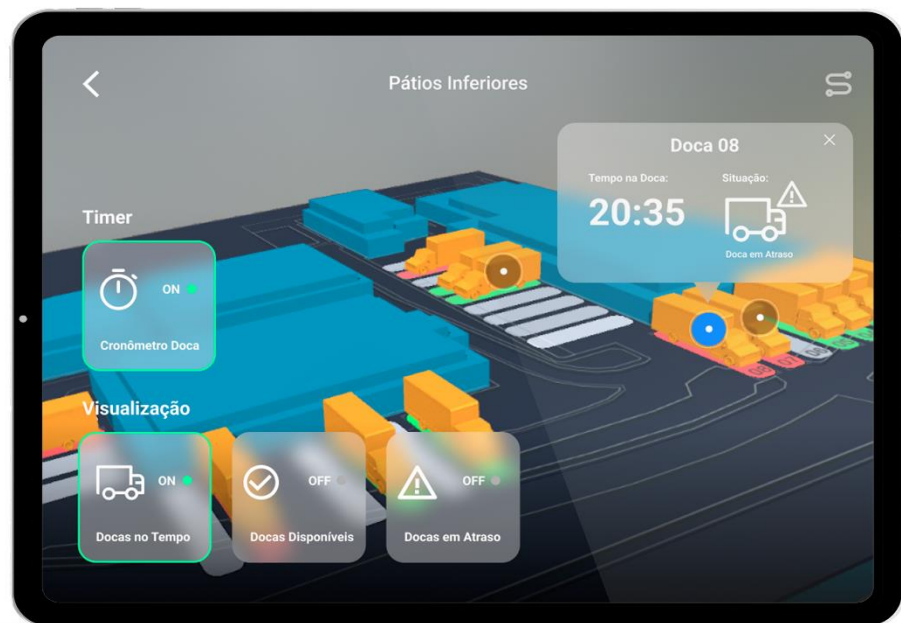


Figura 46. Tela Principal com presença de objeto RA.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Considerando os gráficos de usabilidade, o painel de conexão com o sistema IoT foi reformulado para apresentar um fluxo mais direto. O painel, Figura 47, oferece feedbacks visuais para o usuário por meio da listagem de docas que estão *online* e *offline*.

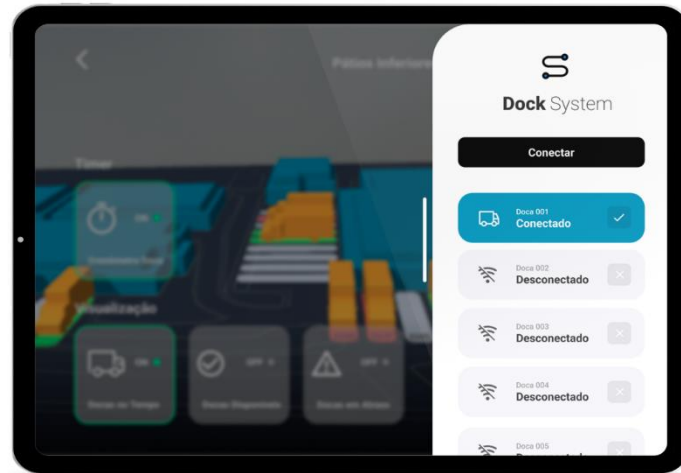


Figura 47. Painel de Conexão com o sistema IoT.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por meio desta listagem o usuário também pode visualizar informações mais detalhadas da doca, Figura 48. Neste painel, dados como horário de permanência na doca, situação em relação ao tempo e localização na fábrica, são visualizados de forma simples e direta para o usuário.

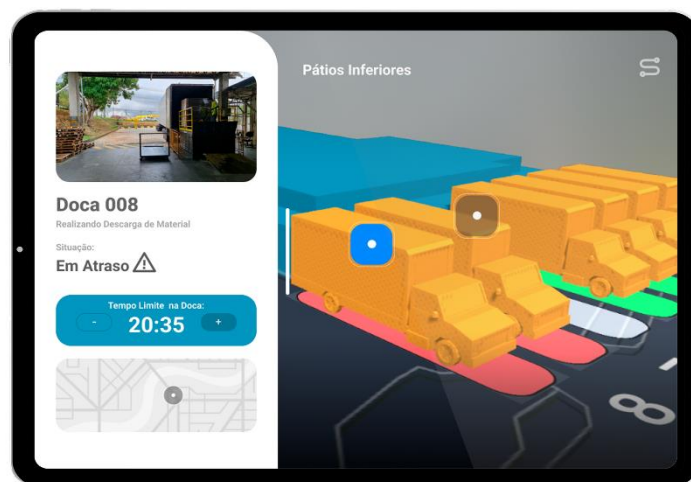


Figura 48. Painel de Informações da Doca.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, a implementação de feedbacks, do tipo notificação, foi feita para que o usuário saiba exatamente os elementos que foram alterados no pátio físico, Figura 49.

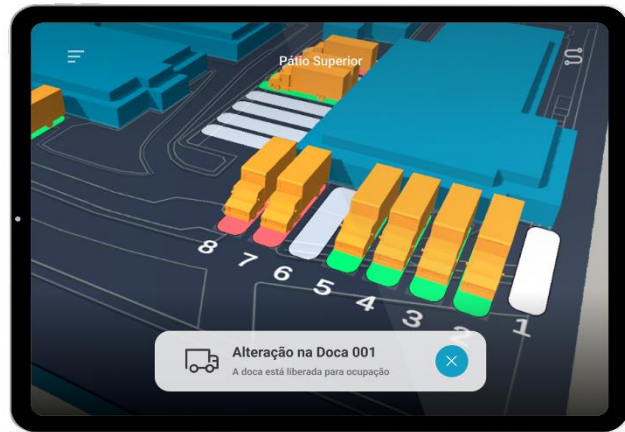


Figura 49. Exemplo de notificação de alteração.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.8.1 Teste de Usabilidade da Interface proposta

Após a construção da interface em RA foram realizados novos testes, com usuários inexperientes, tendo como objetivo a obtenção de um novo resultado do fluxo apresentado pela nova interface. O protótipo da interface, utilizado neste teste, foi construído na plataforma Figma. Deste modo, as novas sessões ocorreram de forma remota e foram gravadas para a análise.

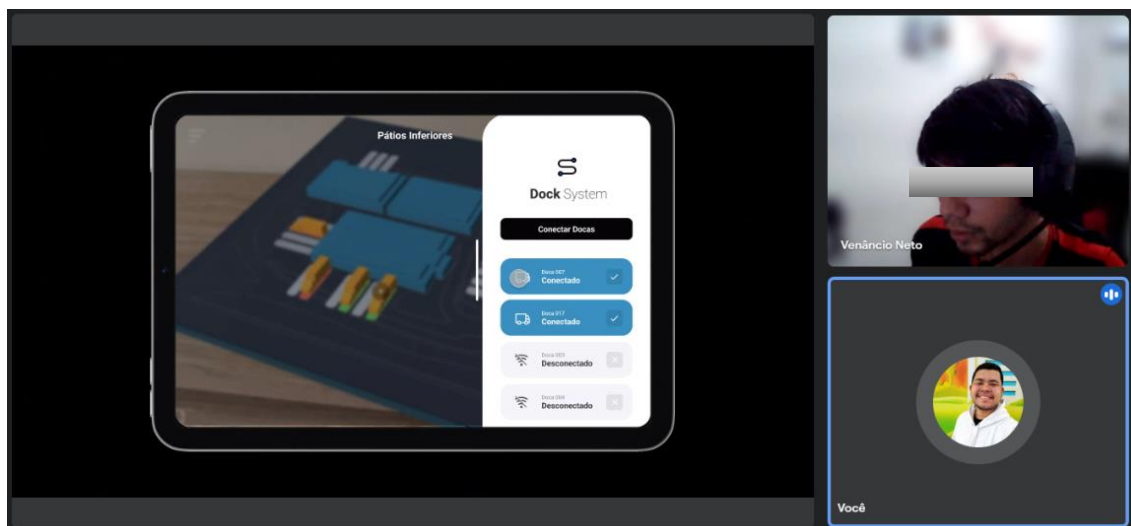


Figura 50. Sessões de Teste da proposta de Interface RA.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A análise de Eficiência e Eficácia foram novamente feitas com base nos novos resultados. A [Tabela 5](#) apresenta a relação dos dados obtidos com base no tempo dos usuários na realização dos objetivos, caracterizando a taxa de Eficiência.

Tabela 5. Resultados de Eficiência da nova Interface.

Participante	Tarefas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Usuário 1</i>	9s	3s	3s	3s	4s	3s	4s	5s	7s	6s	6s	6s
<i>Usuário 2</i>	61s	4s	4s	3s	4s	4s	5s	5s	6s	6s	8s	3s
<i>Usuário 3</i>	5s	2s	3s	4s	5s	3s	3s	5s	7s	9s	5s	4s
<i>Usuário 4</i>	8s	3s	4s	3s	4s	3s	4s	4s	6s	5s	4s	5s
<i>Usuário 5</i>	10s	3s	3s	3s	5s	3s	3s	2s	6s	6s	6s	4s
<i>Usuário 6</i>	9s	3s	2s	2s	3s	4s	4s	2s	5s	5s	7s	5s
<i>Usuário 7</i>	12s	2s	3s	3s	4s	3s	2s	3s	6s	4s	5s	3s
<i>Usuário 8</i>	11s	4s	2s	2s	5s	2s	5s	5s	8s	7s	8s	4s
<i>Usuário 9</i>	20s	2s	2s	2s	3s	3s	3s	2s	10s	8s	5s	5s
<i>Taxa de Eficiência(o/s)</i>	0,09	0,36	0,36	0,20	0,26	0,24	0,29	0,32	0,15	0,16	0,17	0,24

Fonte. Elaborado pelo Autor.

Com base nos resultados apontados na Tabela foi possível identificar uma melhora no desempenho dos objetivos 1, 4, 5 e 11. Essa melhora se deve às novas alterações dos elementos que compõem a nova interface. Com base nos feedbacks obtidos ao final das sessões de testes foi possível listar as seguintes questões desta interface:

- 1- O uso de marcadores RA, sinalizando as posições das docas, permitiu aos usuários identificarem de forma mais direta suas localizações e deixaram explícito a apresentação de informações sobre tempo e situação.
- 2- A adição do painel de conexão possibilitou uma melhor visualização dos sistemas que estão conectados e os que apresentaram alguma falha de comunicação.
- 3- O efeito de transparência nos botões do painel de função permitiu a contínua visualização do pátio da fábrica em RA.
- 4- O painel de Informações detalhadas possibilitou a adição de mais informações como: localização real na fábrica, foto real da doca e ajuste do tempo limite de permanência.
- 5- O uso de poucos “botões”, segundo os usuários, facilitou localizar e utilizar as funções solicitadas nos objetivos.

Desta forma, o gráfico do índice de eficiência, [Figura 51](#), se manteve em uma constante de 100%, o que representa um resultado satisfatório neste teste.

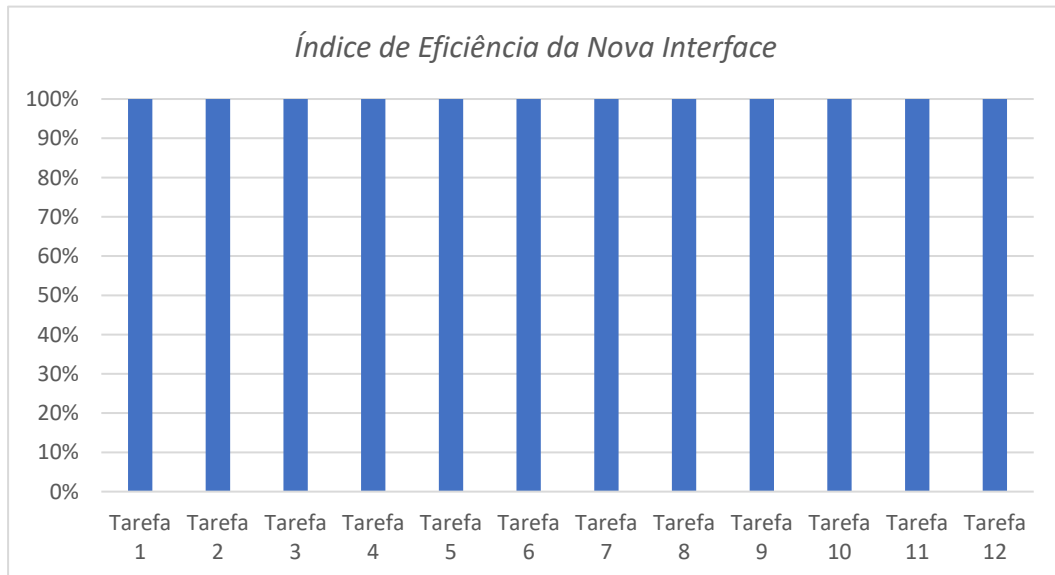


Figura 51. Gráfico do índice de Eficiência.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação a Eficácia da Interface, os resultados apresentaram um resultado de 100% pois todos os usuários conseguiram realizar os objetivos apresentados. Contudo, alguns feedbacks negativos foram identificados e estão listados a seguir:

- 1- O ícone para acessar o painel de conexão não foi de fácil identificação, confundindo alguns usuários.
- 2- O acesso ao painel de conexão ser exclusivo pelo botão superior direito trouxe dificuldades para alguns usuários.

Desta forma, após as sessões de testes de usabilidade da interface proposta e da análise dos dados, foi possível afirmar que esta interface cumpriu com sua proposta de ser simples e eficiente e promover uma experiência satisfatória com a tecnologia de Realidade Aumentada.

Ao final deste processo, o produto final (MVP) foi criado e intitulado como *Dock System AR*. O código fonte não está disponível em função da elaboração de um produto comercial.



Figura 52. Logo Dock System AR.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.9 INSERÇÃO DO PRODUTO NO MERCADO

4.9.1 Custo de produção do sistema IOT

Com o objetivo de demonstrar a possibilidade de escala e réplica do produto no mercado, uma tabela de custos foi organizada. Esta tabela contempla os equipamentos que foram necessários para a produção do sistema IoT (sensores, microcontroladores e componentes em geral). É importante observar que estes valores foram obtidos a partir da compra de unidades dos componentes. A aquisição em grandes quantidades pode tornar estes valores menores. Portanto, este quadro apresenta uma estimativa de custo baseada na produção de apenas um protótipo.

Tabela 6. Relação de custos do sistema IoT

Qtd	Equipamento	Valor
1	Node MCU WIFI ESP8266 V3 microcontrolador	R\$ 30,68
1	Módulo Sensor Ultrassônico de distância HC-SR04	R\$ 9,00
1	Modulo Rfid-rc522 13.56mhz Cartãp	R\$ 19,50
1	Buzzer Passivo Piezoelétrico	R\$ 6,50
1	Led Difuso 5mm	R\$ 0,25
20	Jumper 20cm Macho X Fêmea	R\$ 8,20
1	Protoboard 830 pontos	R\$ 11,90
10	Resistor Filme Carbono 1 / 4W W 1K OHM	R\$ 8,50
1	Cabo Micro USB Para ESP	R\$ 12,50
1	Carregador Micro USB V8 entrada micro-USB	R\$ 19,49
1	Licença plugin UDUINO	R\$ 71,03
1	Licença plugin UDUINO WI-FI	R\$ 23,65
Valor Total		R\$ 221,20

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.9.2 *Canvas de Modelo de Negócio*

Como última etapa do desenvolvimento do produto, o *Business Model Canvas* (BMC) foi construído com o objetivo de compreender as esferas de mercado e do produto e como estas partes se interligam (OSTERWALDER et al., 2011). O BMC possui nove dimensões que cobrem os três pilares conceituais da definição de modelo de negócios: criação de valor (parcerias-chave, atividades-chave e recurso-chave); entrega de valor (canais, segmento de clientes e relacionamentos com cliente); e captura de valor (estrutura de custo e fontes de receitas), conforme evidenciado no Anexo B.

CAPÍTULO 5

Conclusões, Limitações e Sugestões

O objetivo deste capítulo é apresentar as conclusões e discutir as limitações encontradas no processo desta pesquisa. Além de propor novas sugestões para continuidade do projeto.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes” (Martin Luther King)

O processo de construção de interfaces digitais está em constante evolução à medida que a tecnologia abre novas vertentes para a humanidade. No entanto, como qualquer processo, precisa ser adaptado para se enquadrar nas novas necessidades dos usuários e dos requisitos dos meios digitais. Neste contexto, com o advento de inovações tecnológicas como a Realidade Aumentada, o design de interfaces tangíveis surge, caracterizado pela manipulação de objetos físicos com propriedades digitais, trazendo novas possibilidades para criação de soluções para a indústria.

Sendo assim, a pesquisa se propôs a contribuir com o processo de criação de interfaces digitais, com a tecnologia RA voltadas para a indústria. Para isso, demonstrou-se as soluções utilizadas no cenário industrial atual, analisou-se o processo de criação de produtos com a tecnologia RA, foram desenvolvidos um produto e uma proposta de interface RA para uma problemática real, assim como examinou-se o seu uso com os usuários.

O primeiro objetivo foi alcançado por meio da literatura apreciada, direcionada ao avanço da Indústria 4.0 e suas implicações no cenário tecnológico, surgimento e desenvolvimento de aplicações com a tecnologia de Realidade Aumentada, considerando suas aplicações em diferentes contextos da indústria. Finalizando com a compreensão do processo de criação de interfaces digitais, seus parâmetros e suas implicações na experiência do usuário.

O segundo objetivo foi alcançado tanto por intermédio das pesquisas bibliográficas, quanto pela pesquisa exploratória realizada em uma fábrica de televisores presente no Polo Industrial de Manaus durante o mês de novembro de 2021. Então, foi estabelecido o método do Diamante Duplo para a construção de uma interface digital, que utilizasse a tecnologia de Realidade Aumentada, apropriada para uso na fábrica.

O uso do método do Diamante Duplo, alinhado com o método de Garret, proporcionaram o desenvolvimento de um produto que se enquadre no conceito de inovação tecnológica e de uma interface planejada e pensando no público final que a utilizaria. A utilização das ferramentas e o processo nas etapas de Imersão, Definição, Ideação e Prototipação, foram essenciais para a compreensão e aprofundamento da importância das necessidades dos usuários. É importante mencionar que o conhecimento do processo assim como sua correta aplicação se deve aos estudos prévios sobre Experiência do Usuário (UX) e Design de Interfaces (UI).

Evidencia-se a importância da pesquisa com usuário e da imersão no cenário real do problema, uma vez que todas as decisões tomadas para o desenvolvimento da solução de gerenciamento das docas, foram embasadas na interação com o usuário e na sua aplicação no ambiente físico e dentro do processo da fábrica.

A pesquisa evidenciou resultados de pesquisas anteriores ao considerar e revelar a grande necessidade de soluções simples e eficazes dentro do processo de produção e logística de uma fábrica. Evidenciou-se ainda que a tecnologia RA oferece uma experiência diferenciada dentro das etapas de planejamento, utilização e visualização de informações pertinentes para o cenário industrial. Desta forma, promovendo mais agilidade e eficiência no processo de gerenciamento, capacitação e tutoria.

O desenvolvimento do primeiro protótipo da solução demonstrou a necessidade de otimização nos elementos tridimensionais que serão utilizados em soluções AR. Por meio de testes de desempenho de softwares os principais fatores que definem o êxito na execução da aplicação são: quantidade de polígonos nos modelos 3D, *shaders* visuais, qualidade de sombras e iluminação e o tamanho da tela.

Em relação ao desenvolvimento do sistema IoT, foram encontrados fatores que definem a aceitação de produtos IoT dentro de fábricas, com base nos requisitos levantados pelos *stakeholders* no início da pesquisa. Dentre os principais pontos temos:

- a) O custo de produção e aquisição do equipamento deve ser baixo a fim de possibilitar sua replicação e implementação dentro do mercado industrial.
- b) A facilidade de implementação é fundamental para que o mesmo não traga gastos e possibilite sua aplicação em diversos ambientes.
- c) O uso de sensores é imprescindível para garantir a automação do produto e gerar valor para o usuário responsável pela administração dos pátios.

Pela observação dos resultados encontrados, conclui-se que este sistema IoT pode oferecer um custo-benefício para a fábrica, pois possui um baixo valor para sua produção e manutenção. Além de oferecer automação no processo de gerenciamento e planejamento de recebimento e envio de materiais que atualmente ocorre de forma manual por meio de planilhas preenchidas e atualizadas diariamente.

Em relação a Interface, desenvolvida após realização das etapas do Diamante Duplo, foram encontrados elementos que trouxeram questionamentos quanto a sua usabilidade. Dentre eles temos: O uso de botões visualizados em RA, Informações visualizadas em elementos 3D, o processo de conexão com o sistema IoT e o manuseio do dispositivo ao visualizar objetos em RA.

Apesar desses pontos, foi possível confirmar, através dos testes, que a grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Este modelo dá ao usuário a impressão de que a

aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real, permitindo a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar, e realizar outras ações.

Considerando a análise dos movimentos e das ações do usuário, uma interface baseada em Realidade Aumentada é semelhante à uma interface tradicional no aspecto de que ambas leem dados que o usuário produz. Entretanto, numa interface de RA os periféricos usados para captar as informações procuram libertar o processo de interação do plano bidimensional.

Após a aplicação com o usuário, os resultados confirmaram estes questionamentos por meio dos testes de usabilidade propostos por Mifsud (2020) que verificaram a Eficácia, Eficiência e Satisfação dos usuários em relação a interface:

1. Cerca de 98% das atividades propostas foram realizadas com uma taxa de 100% de eficácia.
2. A eficiência na realização de cada objetivo está diretamente ligada à eficácia. Quatro elementos da interface proposta apresentaram erros ou impossibilitaram o usuário a continuar na aplicação.
3. Três usuários demonstraram dificuldades no manuseio do dispositivo após a aparição dos elementos tridimensionais em RA.

Apesar de algumas expressões negativas, todos os usuários reconheceram a importância e os benefícios da solução proposta. Em relação à interface, os usuários apontaram pequenas melhorias e alterações. Com as ferramentas aplicadas dentro do método de Garret foi possível avaliar os feedbacks e ajustar os elementos da interface que apresentaram inconsistência gerando assim, uma nova proposta que atendesse aos requisitos do usuário.

Além disso, a pesquisa apresentou algumas limitações. A primeira delas consiste nas restrições físicas do ambiente industrial que é restrito à implantação de novas soluções que possam afetar diretamente o processo de produção da fábrica. Sendo necessário um período maior com o produto em uso para que sejam feitas validações adicionais, com o propósito de mitigar possíveis problemas de hardware que venham a surgir a longo prazo.

Outra limitação refere-se ao escopo da pesquisa, o qual ficou limitado em investigar a aplicação da interface RA em apenas uma fábrica, sob os requisitos e variáveis deste caso específico. Por isso, não é possível afirmar que esta solução possa atender outros cenários sem mudanças em sua estrutura.

Embora tenha algumas limitações, a pesquisa preenche lacunas existentes no campo científico da construção de interfaces digitais para a indústria por meio da aplicação do Design Thinking dentro do processo de ideação e execução da proposta, possibilitando o desenvolvimento de um produto que esteja alinhado com as demandas do usuário. Além de demonstrar as possibilidades de aplicação da realidade aumentada no processo de gerenciamento de uma fábrica, o texto provou que o uso de métodos do design centrado no usuário promove soluções inovadoras, tornando imprescindível a aplicação na busca por produtos que são adaptáveis aos diferentes cenários.

Uma possível pesquisa futura seria investigar se este problema também poderia ser enfrentado com uma solução alternativa semelhante, porém sem a adoção de ferramentas de realidade aumentada. Ao final, esta outra pesquisa poderia comparar os ganhos ou perdas de eficácia e eficiência com o mesmo método adotado na presente pesquisa.

É válido reforçar que por meio da busca para alcançar os melhores resultados, reconhecendo que nem sempre é possível fazê-lo, constatou-se transformações inevitáveis no pesquisador e no resultado deste trabalho. Por fim, a pesquisa propiciou importantes reflexões alusivas ao design de interfaces e, trará ao leitor algumas dúvidas, que resultarão em importantes questões de pesquisa no estudo do design.

ANEXOS



UFAM



ROTEIRO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM FUNCIONÁRIOS DA FÁBRICA.

PROJETO

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DOCAS COM RECURSOS DA INDÚSTRIA 4.0:
ESTUDO DE CASO COM UMA INTERFACE EM REALIDADE AUMENTADA E IOT EM
UMA FÁBRICA DE TELEVISORES.**

Dados de identificação

Entrevistado(a):

1. Nome:
2. Idade:
3. Formação Acadêmica:
4. Função na Fábrica:

Questões da Pesquisa

5. Como você enxerga o processo atual de gerenciamento dos pátios de carga?
6. Qual a sua principal colaboração dentro deste processo?
7. Na sua visão, quais os principais pontos de êxito nesse processo?
8. Na sua visão, quais os principais pontos de ajustes?
9. Você poderia comentar um pouco sobre as soluções que já foram implementadas visando a melhora nesse processo?
10. Caso possuam soluções implementadas, como foi o seu processo de adaptação a este novo modelo?
11. Você poderia comentar um pouco a respeito sobre como você consideraria a melhor forma de melhorar o processo de planejamento e de descarga dos insumos?
12. Para você, qual o nível de aceitabilidade sobre novas soluções (tecnológicas ou não) que visam ser implementadas na fábrica?
13. Você tem o costume de utilizar smartphones ou tablets no ambiente de trabalho?
14. Qual sua familiaridade com a tecnologia de Realidade Aumentada? Poderia me contar um pouco do que achou?

Anexo A – Roteiro da entrevista semiestruturada.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

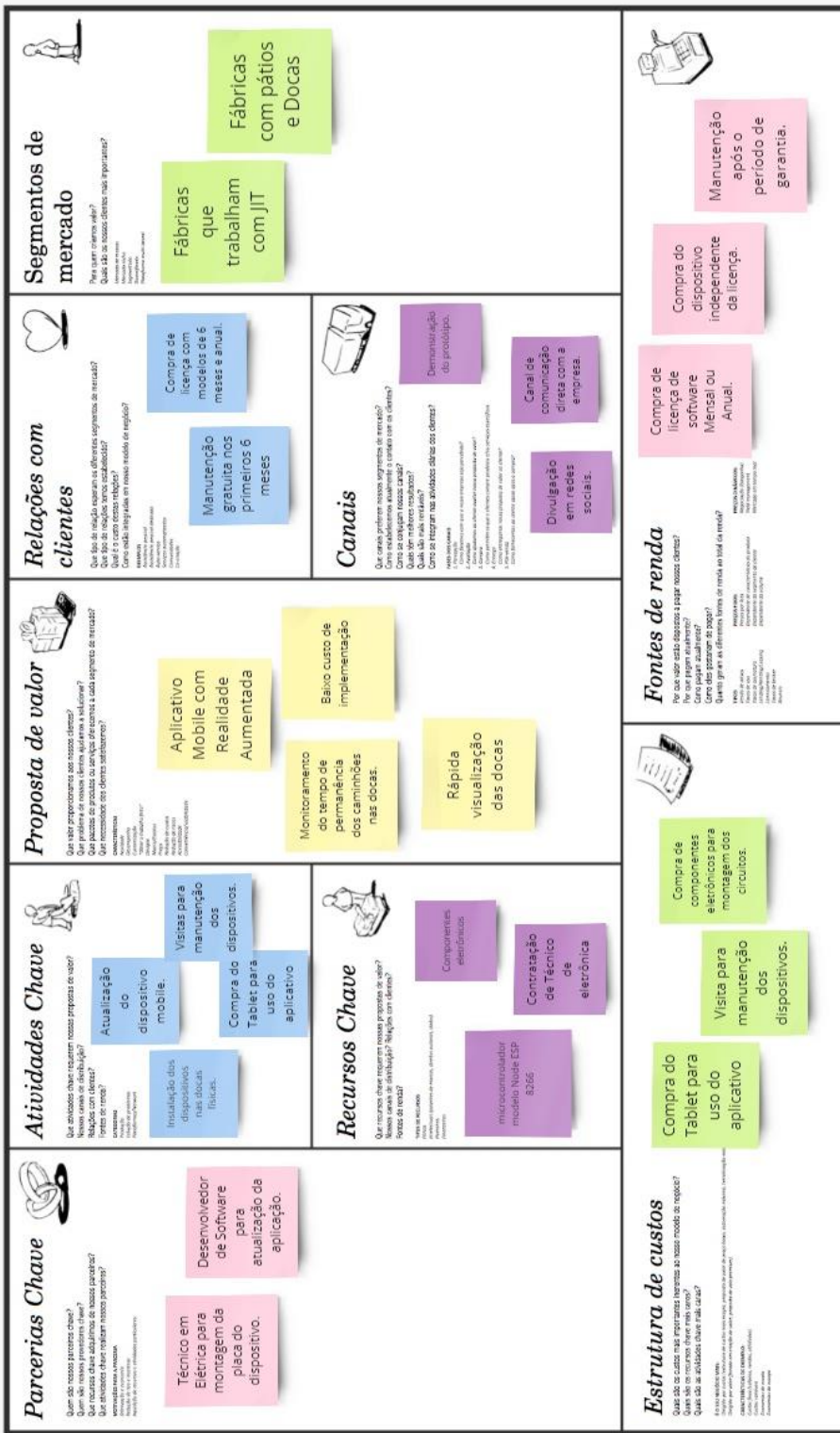
A tela de modelo de negócios

Dock System AR

Eduardo Jorge

07/05

1.0



Anexo B - BMC da solução Dock System AR
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

REFERÊNCIAS

- ABDI, I. (2017). *o Futuro da Indústria: uma Contribuição ao Debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo*. Brasília.
- ADLIN, T., PRUITT, J., GOODWIN, K., HYNES, C., MCGRANE, K., ROSENSTEIN, A., & MULLER, M. J. (2006). Putting personas to work. *CHI'06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 13–16.
- AKÇAYIR, M., AKÇAYIR, G., PEKTAŞ, H. M., & OCAK, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054>
- ALCE, G., WALLERGÅRD, M., & HERMODSSON, K. (2015). WozARd: A Wizard of Oz Method for Wearable Augmented Reality Interaction—A Pilot Study. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2015, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2015/271231>
- ALONSO, M., GIL, A., MORENO, A., GARRIDO, J., GUTIERREZ-BALLESTEROS, E., & CAÑETE-CARMONA, E. (2020). An IoT Based Mobile Augmented Reality Application for Energy Visualization in Buildings Environments. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 1–15.
- ALVES, J. M. (1995). O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo. *Anais Do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- AMBROSE, G., HARRIS, P., & BALL, N. (2019). *The fundamentals of graphic design*. Bloomsbury Publishing.
- ARROYO-VAZQUEZ, N. (2016). Experiencies de realitat augmentada en biblioteques: estat de la question. *BiD: Textos Universitaris de Biblioteconomia i Documentacion*, 2016.36. <https://doi.org/10.1344/BiD2016.36.3>
- AULENTA, F., & LENS, P. (2011). Recent advances in Augmented Reality. *New Biotechnology*, 29(1), 1. [https://doi.org/10.1016/S1871-6784\(11\)00246-9](https://doi.org/10.1016/S1871-6784(11)00246-9)
- AYDOS, T. F., & FERREIRA, J. C. E. (2016). RFID-based system for Lean Manufacturing in the context of Internet of Things. *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, 2016-Novem, 1140–1145. <https://doi.org/10.1109/COASE.2016.7743533>
- AZUMA, R. (1993). Tracking Requirements for Augmented Reality. *Communications of the ACM*, 36(7), 50–51. <https://doi.org/10.1145/159544.159581>
- AZUMA, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence*, 6(3), 355–385. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2009.03.056>
- BARBOSA, A. F. P. (2016). *Design thinking na especificação de requisitos: caso i2S-Informática, Sistemas e Soluções*.
- BARROSO, A., HEIMBECKER, C., IONE, M., & DOLZANE, F. (2021). *Ergonomia de software na interface de projetos educativos a aplicação de critérios de usabilidade em um ambiente virtual de aprendizagem destinado à formação de professores Software ergonomoy in the interface of educational projects the application of usab*. 76697–76718. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-068>
- BARROSO OSUNA, J., GUTIÉRREZ-CASTILLO, J. J., LLORENTE-CEJUDO, M. DEL C., & VALENCIA ORTIZ, R. (2019). Difficulties in the Incorporation of Augmented Reality in University Education: Visions from the Experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 8(2), 126. <https://doi.org/10.7821/naer.2019.7.409>
- BILLINGHURST, M., CLARK, A., & LEE, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/1100000049>
- BONSIEPE, G. (2015). *Do material ao digital*. Editora Blucher.
- BOQUIMPANI, A., & FIGUEIRA FILHO, S. (2017). A REALIDADE AUMENTADA COMO NOVO PARADIGMA DA INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: UM CASO DE ESTUDO

- APLICADO À LEITURA DE RÓTULOS NUTRICIONAIS. *UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE*.
- BOUSDEKIS, A., APOSTOLOU, D., & MENTZAS, G. (2019). Predictive Maintenance in the 4th Industrial Revolution: Benefits, Business Opportunities and Managerial Implications. *IEEE Engineering Management Review*, 48(1), 57–62. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2958037>
- BRENNER, W., & UEBERNICKEL, F. (2016). Design thinking for innovation. *Research and Practice*.
- BRETAS, A. (2015). *Matriz Certezas, Suposições e Dúvidas*. Médiun - Educação Fora Da Caixa:
- BRINTRUP, A., RANASINGHE, D., & MCFARLANE, D. (2010). RFID opportunity analysis for leaner manufacturing. *International Journal of Production Research*, 48(9), 2745–2764. <https://doi.org/10.1080/00207540903156517>
- BROWN, T. (2020). *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Alta Books.
- CABERO-ALMENARA, J., LLORENTE-CEJUDO, C., & JESUS GUTIERREZ-CASTILLO, J. (2017). Evaluation by and from users: learning objects with Augmented Reality. *RED-REVISTA DE EDUCACION A DISTANCIA*, 53. <https://doi.org/10.6018/red/53/4>
- CACHADA, A., BARBOSA, J., LEITÃO, P., GERALDES, C. A. S., DEUSDADO, L., COSTA, J., TEIXEIRA, C., TEIXEIRA, J., MOREIRA, A. H. J., MOREIRA, P. M., & ROMERO, L. (2018). Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA, 2018-Septe*, 139–146. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2018.8502489>
- CAMPBELL, M., KELLY, S., JUNG, R., LANG, J., & WHITE PAPER. (2017). The State of Industrial Augmented Reality. *Ptc*, 10.
- CATAPAN, A. H., FILHO, P. C., SOUZA, A. C., THOMÉ, Z. R. C., & CYBUS, W. A. (1999). Ergonomia em Software Educacional: A possível integração entre usabilidade e aprendizagem. *IHC'99 II Workshop Sobre Fatores Humanos Em Sistemas Computacionais*. <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=19938>
- CHATZIPOULIDIS, A., TSIAKIS, T., & KARGIDIS, T. (2019). A readiness assessment tool for GDPR compliance certification. *Computer Fraud & Security Bulletin*, 2019(8), 14–19. [https://doi.org/10.1016/S1361-3723\(19\)30086-7](https://doi.org/10.1016/S1361-3723(19)30086-7)
- CLINI, P., FRONTONI, E., MARTINI, B., QUATTRINI, R., & PIERDICCA, R. (2017). New Augmented Reality applications for learning by interacting. *ARCHEOMATICA-TECNOLOGIE PER I BENI CULTURALI*, 8(1), 28–33.
- CLINI, P., FRONTONI, E., QUATTRINI, R., & PIERDICCA, R. (2014). Augmented Reality Experience: From High-Resolution Acquisition to Real Time Augmented Contents. *Advances in Multimedia*, 1–9. <http://10.0.4.131/2014/597476>
- COOPER, A. (2003). *The Origin of Personas*. Retrieved June 12, 2008.
- COUNCIL, D. (2007). *A study of the design process*. 44(0).
- D'ANGELO, T. (2018). Desenvolvimento de Dispositivos Vestíveis de Realidade Aumentada de Baixo-Custo para Indústria 4.0. *Universidade Federal de Ouro Preto*.
- DA SOLEDADE JR, M., FREITAS, R., PERES, S., FANTINATO, M., STEINBECK, R., & ARAÚJO, U. (2013). Experimenting with design thinking in requirements refinement for a learning management system. *Anais Do IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, 182–193.
- DESERTI, A., VISENTIN, M., MARTIN, V., & MILANO, P. (2008). “*Design e Innovazione Strumenti e pratiche per la ricerca applicata*” Flaviano Celaschi *Indice Autori Temi ricorrenti Caso studio In sintesi*.

- ERKOYUNCU, J. A., DEL AMO, I. F., DALLE MURA, M., ROY, R., & DINI, G. (2017). Improving efficiency of industrial maintenance with context aware adaptive authoring in augmented reality. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(1), 465–468. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.006>
- FRASCARA, P. J. (2011). La necesidad del diseño de información. *Foroalfa*, 1–7.
- FRIZZIERO, L., LIVERANI, A., CALIGIANA, G., DONNICI, G., & CHINAGLIA, L. (2019). Design for Disassembly (DFD) and Augmented Reality (AR): Case Study Applied to a Gearbox. *Machines*, 7(2), 29. <https://doi.org/10.3390/machines7020029>
- GABBARD, J. L., SWAN, J. E., HIX, D., LANZAGORTA, M., LIVINGSTON, M., BROWN, D., & JULIER, S. (2002). *Usability Engineering: Domain Analysis Activities for Augmented Reality Systems*. 4660(202), 445–457.
- GARRETT, J. J. (2010). *The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond*. Pearson Education.
- GELŠVARTAS, J., SIMUTIS, R., & MASKELIŪNAS, R. (2018). Projection Mapping User Interface for Disabled People. *Journal of Healthcare Engineering*, 2018, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2018/6916204>
- GOCHHAYAT, S. P., KALIYAR, P., CONTI, M., & TIWARI, P. (2019). LISA: Lightweight context-aware IoT service architecture. In *Journal of Cleaner Production* (pp. 1345–1356). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-60984-5.00062-7>
- GOMES, D. L., REIS, P. R. J. DOS, PAIVA, A. C. DE, SILVA, A. C., JR, G. B., GATTASS, M., & ARAÚJO, A. S. DE. (2017). An Approach for Construction of Augmented Reality Systems using Natural Markers and Mobile Sensors in Industrial Fields. *International Journal of Computers Communications & Control*, 12(4), 507–518. <http://univagora.ro/jour/index.php/ijccc/article/view/2658/pdf>
- GUSTAFSSON, D. (2019). *Analysing the Double diamond design process through research & implementation*.
- HAN, D. I., TOM DIECK, M. C., & JUNG, T. (2018). User experience model for augmented reality applications in urban heritage tourism. *Journal of Heritage Tourism*, 13(1), 46–61. <https://doi.org/10.1080/1743873X.2016.1251931>
- HELIN, K., KUULA, T., VIZZI, C., KARJALAINEN, J., & VOVK, A. (2018). User Experience of Augmented Reality System for Astronaut's Manual Work Support. *Frontiers in Robotics and AI*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00106>
- HOPPENSTEDT, B., PROBST, T., REICHERT, M., SCHLEE, W., KAMMERER, K., SPILIOPOULOU, M., SCHOBEL, J., WINTER, M., FELNHOFER, A., KOTHGASSNER, O. D., & PRYSS, R. (2019). Applicability of Immersive Analytics in Mixed Reality: Usability Study. *IEEE Access*, 7, 71921–71932. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919162>
- HOSCH, W. L. (2017). Augmented Reality. *ABB Review*, 1, 70–72. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36650-6_5
- IDEO. (2015). *The Field Guide to Human-centered Design: Design Kit*. Ideo.
- JEON, J., HONG, M., YI, M., CHUN, J., KIM, J. S., & CHOI, Y. J. (2016). Interactive authoring tool for mobile augmented reality content. *Journal of Information Processing Systems*, 12(4), 612–630. <https://doi.org/10.3745/JIPS.02.0048>
- JETTER, J., EIMECKE, J., & RESE, A. (2018a). Augmented reality tools for industrial applications: What are potential key performance indicators and who benefits? *Computers in Human Behavior*, 87(May), 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.054>
- JETTER, J., EIMECKE, J., & RESE, A. (2018b). Augmented reality tools for industrial applications: What are potential key performance indicators and who benefits? *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*, 87, 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.054>

- KALBACH, J. (2020). *Mapping experiences*. O'Reilly Media.
- KERR, J., & LAWSON, G. (2019). Augmented Reality in Design Education: Landscape Architecture Studies as AR Experience. *International Journal of Art & Design Education*, jade.12227. <https://doi.org/10.1111/jade.12227>
- KETTERL, M., SCHULTE, A., O., & HOCHMAN, A. (2010). Interactive Technology and Smart Education Article information: *Interactive Technology and Smart Education*, Vol. 7(Issue: 3), 168–180.
- KÖCHE, J. C. (2016). *Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. Câmara Brasileira do Livro.
- KUEHN, B. M. (2018). Virtual and Augmented Reality Put a Twist on Medical Education. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 319(8), 756–758. <http://10.0.3.233/jama.2017.20800>
- KURNIAWAN, M. H., WITJAKSONO, G., & SUHARJITO, D. (2018). Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. *Procedia Computer Science*, 135, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.152>
- LEE, J., KIM, Y., & KIM, G. J. (2017). Effects of Visual Feedback on Out-of-Body Illusory Tactile Sensation When Interacting With Augmented Virtual Objects. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 47(1), 101–112. <https://doi.org/10.1109/THMS.2016.2599492>
- LEE, W.-H., & LEE, H.-K. (2016). The usability attributes and evaluation measurements of mobile media AR (augmented reality). *Cogent Arts & Humanities*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311983.2016.1241171>
- LIU, H.-H., YANG, S. J. H., CHEN, S. Y., & TARNG, W. (2017). The Influences of the 2D Image-Based Augmented Reality and Virtual Reality on Student Learning. *EDUCATIONAL TECHNOLOGY & SOCIETY*, 20(3), 110–121.
- LOPIK, K. VAN, SINCLAIR, M., SHARPE, R., CONWAY, P., & WEST, A. (2020). Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study. *Computers in Industry*, 117, 103208. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103208>
- LYON, J. (2017). Augmented Reality Goes Bedside. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 317(6), 576. <http://libproxy.wustl.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=121336145&site=ehost-live&scope=site>
- LYTRIDIS, C., TSINAKOS, A., & KAZANIDIS, I. (2018). ARTutor—An augmented reality platform for interactive distance learning. *Education Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/educsci8010006>
- MACKENZIE, H. (2016). *The Smart Factory of the Future*. 1–4.
- MAQUILON SANCHEZ, J. J., MIRETE RUIZ, A. B., & AVILES OLMOS, M. (2017). Augmented Reality (AR). Resources and proposals for teaching innovation. *REVISTA ELECTRONICA INTERUNIVERSITARIA DE FORMACION DEL PROFESORADO*, 20(2), 183–203. <https://doi.org/10.6018/reifop.20.1.290971>
- MARCONI, M. DE A., & LAKATOS, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed.-São Paulo: Atlas.
- MERENDA, C., KIM, H., TANOUS, K., GABBARD, J. L., FEICHTL, B., MISU, T., & SUGA, C. (2018). Augmented Reality Interface Design Approaches for Goal-directed and Stimulus-driven Driving Tasks. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(11), 2875–2885. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868531>
- MICLOT, M., FOSTER, M., LONG, C., FERNÁNDEZ, G., LUND, J., WEATHERBURN, R., SCHOEPF, T., & KLEINEBERG, O. (2016). *The Smart Factory of the Future – Part 1 The Smart Factory of the Future – Part 1 Defining the Smart Factory The Smart Factory of the Future – Part 1 Key Traits of Future Industrial Networking Solutions*. 1–4.

- MIFSUD, J. (2020). *Usability Metrics – A Guide To Quantify The Usability Of Any System*. Usability Geek. <https://usabilitygeek.com/usability-metrics-a-guide-to-quantify-system-usability/>
- MILGRAM, P., & KISHINO, F. (1994). *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. 12, 1–15.
- MONTERO, A., ZARRAONANDIA, T., DIAZ, P., & AEDO, I. (2019). Designing and implementing interactive and realistic augmented reality experiences. *UNIVERSAL ACCESS IN THE INFORMATION SOCIETY*, 18(1, SI), 49–61. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0584-2>
- MORAES, A. D., & MONT'ALVÃO, C. (2000). Ergonomia: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: 2AB, 20.
- MOURTZIS, D., ZOGOPOULOS, V., KATAGIS, I., & LAGIOS, P. (2018). Augmented Reality based Visualization of CAM Instructions towards Industry 4.0 paradigm: A CNC Bending Machine case study. *Procedia CIRP*, 70, 368–373. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.02.045>
- NANJAPPAN, V., SHI, R., LIANG, H.-N., XIAO, H., LAU, K. K.-T., & HASAN, K. (2019). Design of Interactions for Handheld Augmented Reality Devices Using Wearable Smart Textiles: Findings from a User Elicitation Study. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 9(15). <https://doi.org/10.3390/app9153177>
- NETSCAN DIGITAL (2019). O QUE A DIGITALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS E A INDÚSTRIA 4.0 TÊM EM COMUM? Disponível Em:< Http:// <https://blog.netscandigital.com/artigos/o-que-a-digitalizacao-de-documentos-e-a-industria-4-0-tem-em-comum/>>. Acesso em: 21 de julho de 2021, 5.
- NOREIKIS, M., SAVELA, N., KAAKINEN, M., XIAO, Y., & OKSANEN, A. (2019). Effects of Gamified Augmented Reality in Public Spaces. *IEEE Access*, 7, 148108–148118. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2945819>
- OH, J. Y., PARK, H., & PARK, J.-M. (2019). Virtual Object Manipulation by Combining Touch and Head Interactions for Mobile Augmented Reality. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 9(14). <https://doi.org/10.3390/app9142933>
- OHNO, T. (1982). How the Toyota Production System was Created. *Japanese Economic Studies*, 10(4), 83–101. <https://doi.org/10.2753/JES1097-203X100483>
- OSTERWALDER, A., PIGNEUR, Y., OLIVEIRA, M. A.-Y., & FERREIRA, J. J. P. (2011). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *African Journal of Business Management*, 5(7), 22–30.
- PADMANABAN, N., KONRAD, R., STRAMER, T., COOPER, E. A., & WETZSTEIN, G. (2017). Optimizing virtual reality for all users through gaze-contingent and adaptive focus displays. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 114(9), 2183–2188. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617251114>
- PÁDUA, E. M. M. (2019). *Metodologia da pesquisa: Abordagem teórico-prática*. Papirus Editora. <https://books.google.com.br/books?id=I5GFDwAAQBA>
- PALMARINI, R., AHMET, J., ROY, R., & TORABMOSTAEDI, H. (2018). *A systematic review of augmented reality applications in maintenance*. 49(July 2017), 215–228.
- PARK, Y. J., RO, H., LEE, N. K., & HAN, T.-D. (2019). DeepcARe: Projection-Based Home Care Augmented Reality System with Deep Learning for Elderly. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 9(18). <https://doi.org/10.3390/app9183897>
- PATTI, E., MOLLAME, A., ERBA, D., DALMASSO, D., OSELLO, A., MACII, E., & ACQUAVIVA, A. (2017). Information Modeling for Virtual and Augmented Reality. *IT Professional*, 19(3), 52–60. <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.43>
- PAULO, M. M., RITA, P., OLIVEIRA, T., & MORO, S. (2018). Understanding mobile augmented reality adoption in a consumer context. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 9(2), 142–157. <https://doi.org/10.1108/JHTT-01-2017-0006>

- PICCAROZZI, M., AQUILANI, B., & GATTI, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 10(10), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
- PINHEIRO, P. P. (2020). *Proteção de Dados Pessoais: Comentários à Lei n. 13.709/2018-LGPD*. Saraiva Educação SA.
- PREECE, J., & MALONEY-KRICHMAR, D. (2005). Online communities: Design, theory, and practice. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10(4), JCMC10410.
- QUAISER, P. (2018). Mapa de Empatia, o que é. *Canvas Academy*. Disponível Em:< <Http://Canvasacademy.Com.Br/Mapa-de-Empatia-2/>>. Acesso em: 20 de março de 2021, 5.
- QUANDT, M., KNOKE, B., GORLDT, C., FREITAG, M., & THOBEN, K.-D. (2018). General Requirements for Industrial Augmented Reality Applications. *Procedia CIRP*, 72, 1130–1135. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.061>
- QUINTÃO, F. S., & TRISKA, R. (2013). Design de informação em interfaces digitais: origens, definições e fundamentos Information design: origins, definitions and foundations. *Revista Brasileira de Design Da Informação /*, 105–118.
- RE, G. M. (2013). Low Cost Augmented Reality for Industrial Problem. *Politecnico Di Milano*.
- REIS, E. A. (2002). Análise Descritiva de Dados. *Relatório Técnico Do Departamento de Estatística Da UFMG*, 1.
- REIS, M. R., & MERINO, E. A. D. (2020). Paineis semânticos: revisão sistemática da literatura sobre uma ferramenta imagética de projeto voltada à definição estético-simbólica do produto Moodboards: systematic review of the literature on an imagery design tool focused on the aesthetic-symbolic. *Estudos Em Design*, 28, 178–190.
- RIZOV, T., DJOKIC, J., & TASEVSKI, M. (2019). Design of a Board Game With Augmented Reality. *FME TRANSACTIONS*, 47(2), 253–257. <https://doi.org/10.5937/fmet1902253R>
- ROGERS, Y., SHARP, H., & PREECE, J. (2013). *Design de interação*. Bookman Editora.
- SAURO, J. (2012). 10 Things To Know About The Single Ease Question (SEQ). *MeasuringU*. <https://measuringu.com/seq10/>
- SCHOLZ, J., & SMITH, A. N. (2016a). Augmented reality: Designing immersive experiences that maximize consumer engagement. *Business Horizons*, 59(2), 149–161. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.10.003>
- SCHOLZ, J., & SMITH, A. N. (2016B). Augmented reality: Designing immersive experiences that maximize consumer engagement. *BUSINESS HORIZONS*, 59(2), 149–161. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.10.003>
- SCHWAB, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- SCURATI, G. W., GATTULLO, M., FIORENTINO, M., FERRISE, F., BORDEGONI, M., & UVA, A. E. (2018). Converting maintenance actions into standard symbols for Augmented Reality applications in Industry 4.0. *Computers in Industry*, 98, 68–79. <http://10.0.3.248/j.compind.2018.02.001>
- SEO, D. W., KIM, H., KIM, J. S., LEE, J. Y., ZHANG, X., HAN, Y., HAO, D., LV, Z., BRANCATI, N., CAGGIANESE, G., FRUCCI, M., GALLO, L., NERONI, P., CHOI, H.-S., KIM, S. K. S.-H., LOUP-ESCANDE, E., FRENOY, R., POPLIMONT, G., THOUVENIN, I., ... CHENG, K. T. (2016). Novel individual location recommendation with mobile based on augmented reality. *COMPUTERS & GRAPHICS-UK*, 76(2), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.09.001>
- SHAO, P., DING, H., WANG, J., LIU, P., LING, Q., CHEN, J., XU, J., ZHANG, S., & XU, R. (2014). Designing a Wearable Navigation System for Image-Guided Cancer Resection Surgery. *Annals of Biomedical Engineering*, 42(11), 2228–2237. <https://doi.org/10.1007/s10439-014-1062-0>

- SIDHU, M. S., & YING, J. G. (2017). Experiencing new Learning, Interaction and Visualization Process using Augmented Reality Technology. *TEM JOURNAL-TECHNOLOGY EDUCATION MANAGEMENT INFORMATICS*, 6(2), 222-231. <https://doi.org/10.18421/TEM62-05>
- SILVA, A. J. (2020). Realidade aumentada na indústria 4.0 - análise bibliométrica sobre orientações, aplicações e implementações. *Brazilian Journal of Development* 80346 *Realidade*, 6, 80346-80359. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-452>
- SIRIBORVORNATANAKUL, T. (2018). Enhancing User Experiences of Mobile-Based Augmented Reality via Spatial Augmented Reality: Designs and Architectures of Projector-Camera Devices. *ADVANCES IN MULTIMEDIA*. <https://doi.org/10.1155/2018/8194726>
- SUNGKUR, R. K., PANCHOO, A., & BHOYROO, N. K. (2016). Augmented reality, the future of contextual mobile learning. *INTERACTIVE TECHNOLOGY AND SMART EDUCATION*, 13(2), 123-146. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2015-0017>
- SURAL, I. (2018). Augmented Reality Experience: Initial Perceptions of Higher Education Students. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INSTRUCTION*, 11(4), 565-576. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11435a>
- SURYANTO, A., KUSUMAWATI, D. A., & SANHOURY, I. M. H. (2018). Development of Augmented Reality Technology Based Learning Media of Lathe Machines. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 24(1), 32-38. <https://doi.org/10.21831/jptk.v24i1.18245>
- TEIXEIRA, J. M. (2017). *Fluxograma para interfaces digitais: transformando informações em requisitos de função e conteúdo*. Montex. <https://www.juliomontex.com.br/2017/12/11/fluxograma-para-interfaces-digitais-transformando-informacoes-em-requisitos-de-funcao-e-conteudo/>
- TSCHIMMEL, K. (2012). Design Thinking as an effective Toolkit for Innovation. sl, sn UniPlanet, 2018. *UniPlanet.[Online] Available at: <https://www....>*
- VAZQUEZ-ALVAREZ, Y., AYLETT, M. P., BREWSTER, S. A., VON JUNGENFELD, R., & VIROLAINEN, A. (2016). Designing Interactions with Multilevel Auditory Displays in Mobile Audio-Augmented Reality. *ACM TRANSACTIONS ON COMPUTER-HUMAN INTERACTION*, 23(1). <https://doi.org/10.1145/2829944>
- VIANNA, M., VIANNA, Y., ADLER, I., & LUCENA, B. (2012). *Design Thinking: inovando em negócios*. MJV Press, Rio de Janeiro.
- VIDELA RODRIGUEZ, J. J., SANJUAN PEREZ, A., MARTINEZ COSTA, S., & SEOANE NOLASCO, A. (2017). Usability and design for augmented reality learning interfaces. *DIGITAL EDUCATION REVIEW*, 31, 61-79.
- VIOLANTE, M. G., VEZZETTI, E., & PIAZZOLLA, P. (2019). How to design a virtual reality experience that impacts the consumer engagement: the case of the virtual supermarket. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTERACTIVE DESIGN AND MANUFACTURING - IJIDEM*, 13(1), 243-262. <https://doi.org/10.1007/s12008-018-00528-5>
- WANG, X., ONG, S. K., & NEE, A. Y. C. (2016). A comprehensive survey of augmented reality assembly research. *Advances in Manufacturing*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s40436-015-0131-4>
- WEF. (2015). Deep shift: technology tipping points and societal impact. *World Economic Forum, September*, 1-44. http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- WEICHEL, B., HEIMONEN, T., PILZ, M., YODER, A., & BENDIXSEN, C. (2019). An Argument Against Cross-Platform Development: Lessons From an Augmented Reality App Prototype for Rural Emergency Responders. *JMIR MHEALTH AND UHEALTH*, 7(3). <https://doi.org/10.2196/12207>
- WEIGEL, L. (2015). Design thinking to bridge research and concept design. *Design Thinking: New Product Development Essentials from the PDMA*, 59-70.

- WESTERFIELD, G., MITROVIC, A., & BILLINGHURST, M. (2015). Intelligent Augmented Reality Training for Motherboard Assembly. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION*, 25(1), 157–172. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0032-x>
- WHITE, G., CABRERA, C., & PALADE, A. (2019). *Augmented Reality in IoT*.
- WU, H., WANG, J., & ZHANG, X. (LUKE). (2016). User-centered gesture development in TV viewing environment. *Multimedia Tools and Applications*, 75(2), 733–760. <https://doi.org/10.1007/s11042-014-2323-5>
- YANG, S., & MEI, B. (2018). Understanding learners' use of augmented reality in language learning: insights from a case study. *JOURNAL OF EDUCATION FOR TEACHING*, 44(4), 511–513. <https://doi.org/10.1080/02607476.2018.1450937>
- YIN, J., FU, C., ZHANG, X., & LIU, T. (2019a). Precise Target Selection Techniques in Handheld Augmented Reality Interfaces. *IEEE Access*, 7, 17663–17674. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895219>
- YIN, J., FU, C., ZHANG, X., & LIU, T. (2019b). Precise Target Selection Techniques in Handheld Augmented Reality Interfaces. *IEEE ACCESS*, 7, 17663–17674. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2895219>
- YU, L., ONG, S. K., & NEE, A. Y. C. (2016). *A tracking solution for mobile augmented reality based on sensor-aided marker-less tracking and panoramic mapping*. <https://doi.org/10.1007/s11042-014-2430-3>
- ZHANG, B. (2017). Design of mobile augmented reality game based on image recognition. *EURASIP JOURNAL ON IMAGE AND VIDEO PROCESSING*. <https://doi.org/10.1186/s13640-017-0238-6>
- ZHANG, X., CHEN, G., & LIAO, H. (2017). High-Quality See-Through Surgical Guidance System Using Enhanced 3-D Autostereoscopic Augmented Reality. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64(8), 1815–1825. <https://doi.org/10.1109/TBME.2016.2624632>
- ZHANG, X., ZHANG, H., ZHANG, L., ZHU, Y., & HU, F. (2019). Double-Diamond Model-Based Orientation Guidance. *SENSORS*, 19(4670). <https://doi.org/10.3390/s19214670>
- ZHAO, Q. (2018). The Application of Augmented Reality Visual Communication in Network Teaching. *INTERNATIONAL JOURNAL OF EMERGING TECHNOLOGIES IN LEARNING*, 13(7), 57–70. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i07.8780>
- ZHOU, T. (2018). Examining User Adoption of Mobile Augmented Reality Applications. *INTERNATIONAL JOURNAL OF E-ADOPTION*, 10(2), 37–49. <https://doi.org/10.4018/IJEA.2018070103>