

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

GABRIEL DE BRITO GUERRA

ELABORAÇÃO DE UM ÓCULOS INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NO
DESEMPENHO DE FUNÇÕES COTIDIANAS E INDUSTRIAIS

ITUMBIARA - GO

2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gabriel de Brito Guerra

Matrícula: 20181040100040

Título do Trabalho: Elaboração de um Óculos Inteligente para Auxílio no Desempenho de Funções Cotidianas e Industriais.

Autorização - Marque uma das opções

1. (☒) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. (☐) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. (☐) Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- (☐) O documento está sujeito a registro de patente.
(☐) O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
(☐) Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 07 / 02 / 2024.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

GABRIEL DE BRITO GUERRA

**ELABORAÇÃO DE UM ÓCULOS INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NO
DESEMPENHO DE FUNÇÕES COTIDIANAS E INDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação ao Departamento de Áreas Acadêmicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Xavier Rocha

ITUMBIARA - GO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G934e Guerra, Gabriel de Brito

Elaboração de um óculos inteligente para auxílio no desempenho de funções cotidianas e industriais./Gabriel de Brito Guerra.-- Itumbiara, 2023.

53 p. : il. color.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Cássio Xavier Rocha

1. Tecnologia. 2. Internet das coisas. 3. Inovações tecnológicas. I. Título. II. Rocha, Cássio Xavier. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 006.8

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Eduardo Pereira Resende CRB1/3266

GABRIEL DE BRITO GUERRA

ELABORAÇÃO DE UM ÓCULOS INTELIGENTE PARA AUXÍLIO NO
DESEMPENHO DE FUNÇÕES COTIDIANAS E INDUSTRIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca
avaliadora, parte dos requisitos para a obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Controle e Automação junto ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás (IFG), Câmpus Itumbiara.

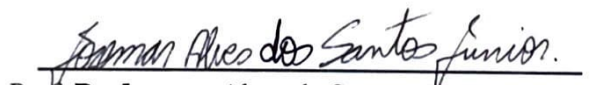
Aprovado em 13 de dezembro de 2023.



Prof. Dr. Cássio Xavier Rocha, SIAPE 2050169
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Orientadora



Prof. Dr. Victor Regis Bernadelli, SIAPE 2050091
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Avaliador



Prof. Dr. Josemar Alves do Santos, SIAPE 1948498
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara
Avaliador

Itumbiara/GO
2023

DEDICATÓRIA

Dedico esse TCC aos meus queridos pais, Paulo Sérgio Guerra e Ana Maria de Brito Guerra, que sempre foram a fonte inesgotável de amor, apoio e inspiração ao longo de toda a minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para a conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação no Instituto Federal de Goiás - Campus Itumbiara.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, pela minha vida e saúde ao decorrer dessa trajetória, onde esteve sempre me guiando na busca dos meus objetivos.

Agradeço profundamente a minha família, principalmente aos meus pais, cujo amor incondicional e apoio constante foram os pilares que sustentaram minha jornada acadêmica, no qual suas palavras de incentivo foram peças essenciais para superação de desafios e para o alcance deste marco significativo.

Agradeço igualmente a aceitação do convite para orientação desse projeto pelo professor Cássio Xavier Rocha, junto ao seu apoio durante as etapas de desenvolvimento.

Agradeço também aos professores que compartilharam seus valiosos conhecimentos ao longo do curso e forneceram uma base sólida para minha formação acadêmica.

Não posso deixar de mencionar os meus colegas de turma que enriqueceram o meu percurso acadêmico através da colaboração e troca de experiências.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão ao Instituto Federal de Goiás - Campus Itumbiara por proporcionar um ambiente propício ao aprendizado e ao crescimento pessoal.

“Você nunca alcança o sucesso verdadeiro a menos que você goste do que está fazendo.”

(Dale Carnegie)

RESUMO

Com o intuito de explorar os fundamentos da Internet das Coisas na elaboração de um sistema de dispositivos interconectados capazes de coletar, transmitir e trocar dados entre si sem intervenção humana direta, surgiu a ideia da confecção de um óculos inteligente, uma categoria de objeto inteligente vestível que vem destacando-se no cenário da tecnologia, ostentando funcionalidades que entregam diferentes graus de imersão aos seus usuários. A replicação desse tipo de dispositivo visa estabelecer um campo central de visibilidade dos dados captados e enviados por diferentes sensores pelo protocolo de comunicação MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), adotando as possibilidades criadas pelo microcontrolador ESP32 juntamente a um *display* OLED (*Organic Light-Emitting Diode*), em um jogo de óptica através de lente e espelho para no fim resultar na projeção dessas informações no campo de visão de seu usuário, trazendo assim uma gama de aplicações residenciais e/ou indústrias baseadas em ações mais práticas, eficientes e seguras.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Óculos Inteligente; MQTT; OLED.

ABSTRACT

In order to explore the fundamentals of the Internet of Things in the development of a system of interconnected devices capable of collecting, transmitting and exchanging data with each other without direct human intervention, we came up with the idea of making smart glasses, a category of wearable smart object that has been making a name for itself on the technology scene, boasting functionalities that deliver varying degrees of immersion to its users. The replication of this type of device aims to establish a central field of visibility for the data captured and sent by different sensors using the MQTT (Message Queue Telemetry Transport) communication protocol, adopting the possibilities created by the ESP32 microcontroller together with an OLED (Organic Light-Emitting Diode) display, in a game of optics through lens and mirror to ultimately result in the projection of this information in the user's field of vision, thus bringing a range of residential and/or industrial applications based on more practical, efficient and safe actions.

Keywords: *Internet of Things; Smart Glasses; MQTT; OLED.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da manipulação dos dados na Internet das Coisas.....	18
Figura 2 - Distribuição de Projetos IoT no Mundo (2019)	20
Figura 3 - 1ª versão do EyeTap	26
Figura 4 - 1ª versão do Google Glass.....	26
Figura 5 - Óculos áudio: Bose Frames Tempo	27
Figura 6 - Óculos VR: Meta Quest 3.....	29
Figura 7 - Óculos AR: Mijia Glasses Camera	30
Figura 8 - Exemplificação de uso do Microsoft Hololens	31
Figura 9 - Placa de desenvolvimento ESP32	33
Figura 10 - <i>Display</i> OLED 0.96”	34
Figura 11 - Módulo TP4056	34
Figura 12 - Módulo MT3608	35
Figura 13 - Esquema de projeção de imagem.....	36
Figura 14 - Suporte de acoplamento	36
Figura 15 - Esquema de ligações dos componentes dos óculos.....	38
Figura 16 - Lente biconvexa	39
Figura 17 - Folha de acetato.....	39
Figura 18 - Bibliotecas empregadas na programação dos óculos	40
Figura 19 - Página Web criada pelo WiFiManager	41
Figura 20 - Diagrama de funcionamento protocolo MQTT.....	42
Figura 21 – Esquema de ligação do protocolo I2C (ESP32 e <i>Display</i> OLED)	45
Figura 22 - Esquema de ligações para comunicação no protocolo MQTT	45
Figura 23 - Óculos inteligente finalizado.....	46
Figura 24 - Projeção de imagem na folha de acetato	46
Figura 25 - Óculos no rosto do usuário.....	47
Figura 26 - Projeção de imagem no campo de visão do usuário.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINC	Associação Brasileira de Internet das Coisas
AP	Ponto de Acesso
AR	Realidade Aumentada
BLE	Bluetooth de Baixo Consumo
CC	Corrente Constante
CV	Tensão Constante
GPIO	Entrada e Saída de Uso Geral
I2C	Circuito Inter-Integrado
IDC	Corporação Internacional de Dados
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IIoT	Internet Industrial das Coisas
IoT	Internet das Coisas
Li-ion	Íons de Lítio
Li-Po	Polímero de Lítio
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
MQTT	Transporte de Telemetria por Filas de Mensagens
OLED	Diodo Orgânico Emissor de Luz
P&G	Protect & Gamble
ppm	Partes por Milhão
RFID	Identificação por Radiofrequência
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data
STA	Estação
URL	Localizador Uniforme de Recursos
USB	Barramento Serial Universal
V	Volts
VR	Realidade Virtual
WiFi	Fidelidade Sem Fio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 FONTE DE INSPIRAÇÃO	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2 INTERNET DAS COISAS	16
2.1 HISTÓRIA DE ORIGEM DA IOT	16
2.2 CRITÉRIOS QUE TORNAM UM OBJETO INTELIGENTE	17
2.3 FUNCIONAMENTO DE UM DISPOSITIVO IOT	18
2.4 INTERNET DAS COISAS NO BRASIL E NO MUNDO	19
2.5 PRINCIPAIS ÁREAS COM APLICAÇÕES IOT	20
2.5.1 Uso da IoT na Residência	21
2.5.2 Uso da IoT na Saúde	21
2.5.3 Uso da IoT na Agricultura	22
2.5.4 Uso da IoT na Indústria	22
2.5.5 Uso da IoT no Vestuário	23
3 ÓCULOS INTELIGENTES	25
3.1 O PRIMÓRDIO DOS ÓCULOS INTELIGENTES	25
3.2 SUBCATEGORIAS DE ÓCULOS INTELIGENTES NO MERCADO	27
3.2.1 Óculos de Áudio	27
3.2.2 Óculos de Realidade Virtual	28
3.2.3 Óculos de Realidade Aumentada	29
3.2.4 Óculos de Realidade Mista	30
4 CONSTRUÇÃO DO PROJETO	32
4.1 COMPONENTES UTILIZADOS	32
4.1.1 ESP32	32
4.1.2 <i>Display</i> OLED	33
4.1.3 Módulo Carregador de Baterias - TP4056	34
4.1.4 Módulo Regulador de Tensão – MT3608	35
4.2 ESTRUTURA DOS ÓCULOS	35

4.2.1 Suporte de Acoplamento dos Componentes	36
4.2.2 Circuito Eletrônico dos Óculos	37
4.2.3 Lente Biconvexa	38
4.2.4 Folha de Acetato	39
4.3 PROGRAMAÇÃO DOS ÓCULOS	40
4.3.1 Conexão dos Óculos à Rede WiFi	40
4.3.2 Troca de Mensagens pelo <i>Broker</i> MQTT	41
4.3.3 Sensores para Captação dos Dados	43
4.3.4 Comunicação I2C entre ESP32 e <i>Display</i> OLED	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.1 CONCLUSÃO	48
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICES	55
APÊNDICE A	55
APÊNDICE B	55

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É indiscutível que a tecnologia está agregada ao nosso cotidiano, seja em deveres profissionais e industriais, ou então a pequenas funções domésticas e rotineiras, contudo a busca constante por renovação dentro de um desenvolvimento interminável garante que a tecnologia sempre possa atuar contra adversidades e fragilidades que assolam nossa sociedade, caminhando assim, lado a lado com as necessidades do ser humano. Verifica-se que essa característica é bastante presente na história da humanidade, no qual os primeiros hominídeos foram responsáveis pela iniciação das práticas tecnológicas transmitindo-as para as próximas gerações, o que perdura até os tempos atuais, possibilitando um conhecimento acumulado de experiências e referências em prol de tecnologias posteriores [1].

Analisando o cenário atual dos instrumentos tecnológicos com o passar dos tempos, observa-se que sua essência se mantém, junto a necessidade de proporcionar aos seus usuários uma maior praticidade e compactabilidade adjunto a algo que proporciona segurança e comodidade. Com o avanço da tecnologia da informação e comunicação através do compartilhamento de dados instantaneamente entre aparelhos, sem necessidade de conexão física, por meio dos recursos concedidos pelo *Bluetooth* e *WiFi (Wireless Fidelity)* originou-se o conceito da Internet das Coisas, que tem por objetivo aproximar o mundo físico ao digital, implementando a objetos comuns do dia a dia uma conexão à Internet e a outros dispositivos [2].

Nesse contexto, em diversas aplicações imagináveis, estrutura-se a concepção de um Óculos Inteligente como ferramenta de transmissão e navegação em informações demandadas pelo usuário [3]. Como exemplo, existe o modelo introdutório na categoria produzido e lançado pelo Google em 2014, o Google Glass, um dispositivo com grande interação junto a diversas funções integradas, como: tirar fotos, mandar mensagens e até realizar videoconferências; contudo seu lançamento foi um fracasso como um produto de consumo, devido a sensação desconfortável do

equipamento e de sua tela em forma de prisma sobre os olhos dos usuários [4]. Apesar disso, instrui-se um panorama para novas tentativas de aperfeiçoamento aos óculos, no intuito de continuar o empenho no tema e promover um novo símbolo da tecnologia moderna.

Mais recentemente, a empresa Meta em parceria com a multinacional de óculos, Ray-Ban, lançaram um novo exemplar de óculos tecnológicos [5], implementando componentes e técnicas mais avançadas, tendo em vista o aprimoramento da ideia original e redução de sua arquitetura extravagante, tentando igualar-se o mais próximo de um óculos comum, bem como a fabricante chinesa Xiaomi [6], que caminha no mesmo sentido de desenvolvimento exclusivo do equipamento com seus métodos e recursos próprios na área de tecnologia. Ambos procuram garantir utilidades básicas, como: tirar fotos, gravar vídeos, ouvir músicas e fazer chamadas telefônicas; ao mesmo tempo que esbarram no desafio de convencer as pessoas a comprar e usar esse dispositivo vestível, principalmente quando seus recursos parecem mais simples do que essenciais.

Em virtude do que foi mencionado, a proposta desse projeto volta suas perspectivas não apenas aos utilizadores comuns, mas também a profissionais capacitados na área da Engenharia, principalmente aqueles que realizam de médias a grandes operações manuais em máquinas e sistemas de controle ou alimentação, que demandam constante atenção e manuseio adequado.

Logo, o intuito é elaborar um Óculos Inteligente como uma ferramenta essencial na capacidade de medição e supervisão de equipamentos no momento de sua análise ou manutenção, buscando a praticidade e segurança do engenheiro, assim garantindo maior habilidade de manejo ao levar informações aos seus olhos de modo confortável, tal qual aos usuários regulares em suas ações mais rotineiras e de menor complexidade [7].

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste projeto é a produção de um Óculos Inteligente capaz de conectar-se, via Wi-Fi, a outros equipamentos eletrônicos, permitindo um tráfego

de dados entre os dispositivos juntamente com a visualização precisa e agradável dessas informações aos olhos do usuário.

1.2.2 Objetivos Específicos

Além do objetivo geral, tem-se como objetivos específicos:

- Estabelecer uma intercomunicação entre os óculos e *smartphones*;
- Estabelecer uma intercomunicação entre os óculos e dispositivos de medição/sensores;
- Definição de um aplicativo intermediário para configuração e sincronização dos dispositivos através do celular;
- Confeção de um suporte para acoplamento do conjunto de projeção de imagem aos óculos, em conjunto a fonte de alimentação (bateria) que garantirá a autonomia do dispositivo;
- Realização de testes práticos para constatação do pleno funcionamento dos óculos.

1.3 FONTE DE INSPIRAÇÃO

A concepção deste trabalho foi impulsionada pelo projeto desenvolvido por Alain Mauer, intitulado "*Arduino Data Glasses*". Este projeto inovador consiste em um óculos inteligente que estabelece conexão com o multímetro OWON-B35T por meio de tecnologia *Bluetooth*. Utilizando a placa de prototipagem Arduino Pro Micro para a programação de parâmetros, juntamente com o módulo *Bluetooth* BLE V4.0 HM-11 para a aquisição dos dados e de maneira subsequente ocorre a projeção desses valores por um *display* OLED (*Organic Light-Emitting Diode*).

Os óculos elaborados por Mauer desempenham um papel crucial ao oferecer suporte em atividades de manutenção que requerem medição de circuitos elétricos, priorizando a segurança e a atenção necessárias nesses procedimentos. Assim, ao explorar essa inspiração, esse trabalho busca não apenas adaptar, mas também aprimorar e personalizar soluções similares para atender variadas demandas em diferentes cenários.

1.4 JUSTIFICATIVA

À medida que Internet se torna cada vez mais integrada a vida cotidiana, a definição de Internet das Coisas vem destacando-se e ampliando seus conhecimentos e áreas de atuação, buscando sempre a conexão de todos os objetos utilizados no dia a dia a uma grande rede mundial de computadores [8]. Estudar esse conceito, que proporcionou uma revolução no campo tecnológico através de novas perspectivas de melhorias junto a implementação de elementos de conexão sem fio entre dispositivos, fortalece a capacidade de solucionar problemas que antes demandavam de tecnologias inexistentes, e também analisar novos cenários para desempenho de novas utilidades aos objetos comuns.

A confecção do Óculos Inteligente visa promover uma praticidade incorporada a comodidade do usuário, ao mesmo tempo que seu foco não se limita a finalidades simples, para que seu público-alvo seja ampliado, diferente do que ocorre nos modelos mais conhecidos. Possibilitar a utilização desses óculos por pessoas que atuam no campo da Engenharia, em procedimentos manuais de medição, manutenção ou análise, caracteriza um avanço na vida do engenheiro, graças a visualização direta de dados em seus olhos, resultando em maior segurança e facilidade no manuseio dos equipamentos [9].

Assim, a essência primordial que motiva a concretização deste projeto reside na criação de uma alternativa destinada a enfrentar, e até mesmo atenuar, os desafios enfrentados por profissionais, não se restringindo apenas aos engenheiros, mas abrangendo todos aqueles que buscam uma solução tecnológica para superar obstáculos cotidianos. Dessa forma, almeja-se não apenas oferecer respostas eficazes aos dilemas enfrentados na indústria, mas também assegurar princípios cruciais de segurança no trabalho e agilidade nos procedimentos. O intuito é valorizar não apenas um setor específico, mas sim atender às demandas variadas daqueles que necessitam de inovações tecnológicas para aprimorar suas atividades diárias, contribuindo, assim, para o progresso e a sustentabilidade econômica do Brasil.

CAPÍTULO 2

INTERNET DAS COISAS

O conceito de Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things*, conhecido também pela sigla IoT, se adequa a uma rede de objetos físicos dotados de sensores, *softwares* e outras tecnologias que proporcionam uma conexão e troca de dados com outros objetos, como também a sistemas via Internet [8], constituindo que “coisas” do cotidiano, como: eletrodomésticos, lâmpadas, interruptores, tomadas, e muitos outros, tornem-se “inteligentes” ao serem capazes de coletar informações, tomar decisões e executar ações com base nos dados coletados.

2.1 HISTÓRIA DE ORIGEM DA IOT

Em 1999, Kevin Ashton, um visionário britânico e co-fundador do Auto-ID Center no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), introduziu o conceito revolucionário da "Internet das Coisas" (IoT) durante uma apresentação para a alta administração da P&G (Procter & Gamble). Seu objetivo era obter uma maior aceitação para sua proposta inovadora de controle de estoque, destacando o potencial de um sistema emergente de identificação e rastreamento por meio de sensores de radiofrequência conhecido como RFID (*Radio Frequency Identification*). Essa tecnologia permitiria a integração harmoniosa entre o mundo físico e a vasta rede da Internet.

Embora a expressão "Internet das Coisas" tenha sido cunhada por Ashton, a ideia de dispositivos conectados já existia desde a década de 1970. No entanto, as aplicações práticas desse conceito começaram a se manifestar apenas nos anos 80, notavelmente com uma máquina de Coca-Cola na Universidade Carnegie Mellon, na Pensilvânia. Essa máquina, conectada à *web*, possibilitava aos programadores verificar seu status e a disponibilidade de bebidas geladas. Apesar disso, naquela época, os dispositivos conectados à Internet não eram verdadeiramente "inteligentes" no sentido moderno, pois não podiam estabelecer interações coordenadas remotas.

O verdadeiro avanço ocorreu em 1990, quando o americano John Romkey e seu colega australiano Simon Hackett apresentaram na **INTEROP '89 Conference** o primeiro dispositivo inteligente conectado à Internet: uma torradeira *pop-up*. Essa

torradeira inovadora podia ser controlada por um computador, apresentando um sistema que permitia ligá-la e desligá-la remotamente por meio de comandos enviados pela Internet. Essa invenção, aparentemente simples, marcou um ponto crucial na história da Internet das Coisas, pois demonstrou a viabilidade de conectar objetos do dia a dia à Internet. Esse marco histórico contribuiu significativamente para o desenvolvimento dos dispositivos e tecnologias IoT que fazem parte integrante de nossas vidas atualmente.

2.2 CRITÉRIOS QUE TORNAM UM OBJETO INTELIGENTE

Para que o objeto seja classificado como inteligente é indispensável o cumprimento dos seguintes princípios:

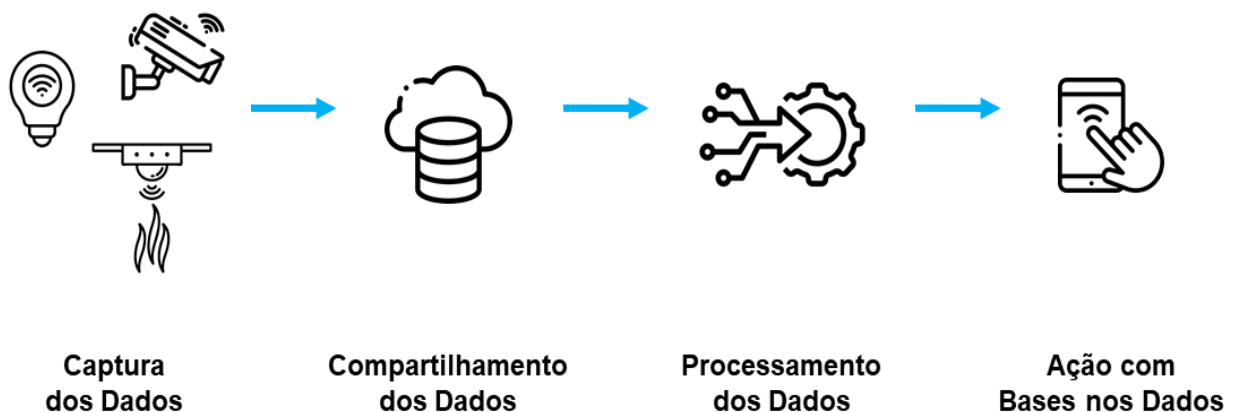
- **Conectividade:** deve ser capaz de se conectar à Internet ou à rede, permitindo a comunicação e a troca de informações com outros dispositivos e sistemas [2] [12];
- **Sensores:** deve ser equipado com sensores que permitam detectar e coletar dados de grandezas físicas de um fenômeno, como: temperatura, umidade, movimento, luz, som, etc [2] [12];
- **Identificação Única :** deve possuir um identificador exclusivo, como um nome ou endereço de Internet, que garanta sua individualidade na rede [2] [12];
- **Comunicação:** deter da capacidade de enviar e receber informações de outros dispositivos, servidores ou sistemas, normalmente através de protocolos de comunicação padrão [2] [12];
- **Interação:** conseguir interagir com outros dispositivos, sistemas ou até mesmo seres humanos, respondendo de alguma forma às informações recebidas ou realizando ações específicas [2] [12];
- **Processamento:** dispor de um certo nível de poder de processamento para processar os dados coletados e tomar decisões com base neles. Esse aspecto

envolve o uso de um microcontrolador, microprocessador ou unidade de processamento dedicada na estrutura do objeto [2] [12].

2.3 FUNCIONAMENTO DE UM DISPOSTIVO IOT

Geralmente, estando conectado à Internet por meio de uma rede sem fio, como: Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), *Bluetooth* ou outra tecnologia de comunicação; o dispositivo IoT transforma-se em olhos e ouvidos no ambiente no qual é colocado, justo que, quando não há pessoas no local ele encarrega-se de capturar os dados que foram devidamente programados para o uso na aplicação. Esses dados, por exemplo, podem ser recebidos e analisados para informar e automatizar ações ou decisões de acompanhamento, da qual a ordem dessas ações segue conforme a Figura 4.

Figura 1 - Etapas da manipulação dos dados na Internet das Coisas



Fonte: Elaboração própria inspirado em [12]

Assim, as etapas são descritas da seguinte forma:

1. Captura de Dados: captura-se os dados do ambiente por meio de sensores, que vão desde dados simples como temperatura, umidade até os mais complexos como captura de vídeo em tempo real [12].

2. Compartilhamento de Dados: através de uma conexão de rede disponível, envia-se esses dados para um sistema de nuvem pública ou privada (dispositivo-sistema-dispositivo), para outro dispositivo (dispositivo-dispositivo) ou os armazena localmente para um processamento posterior [12].

3. Processamento de Dados: neste ponto, o *software* está programado para realizar determinadas ações com base nos dados, como ligar uma lâmpada ou enviar uma notificação [12].

4. Atuação com Base nos Dados: ocorre a análise dos dados acumulados por todos os dispositivos conectados na rede IoT. Dessa maneira, insights poderosos podem ser obtidos para fundamentar com segurança as ações e decisões de negócios [12].

2.4 INTERNET DAS COISAS NO BRASIL E NO MUNDO

O crescimento da IoT no Brasil tem sido consistente, entretanto desigual em comparação a outros países mais desenvolvidos, esse cenário deve-se ao grau de dependência direta da maturidade digital de cada mercado e na capacidade de cada setor responder as exigências impostas em questões de segurança cibernética, de governança e de outros fatores importantes para sua total implementação [13].

Em 2019, o Brasil regulamentou oficialmente a Internet das Coisas por meio do Plano Nacional de Internet das Coisas, que prevê a implementação e o desenvolvimento da Internet das Coisas no país com base na livre concorrência e no livre fluxo de dados, de acordo com as diretrizes de segurança da informação e proteção de dados pessoais [13].

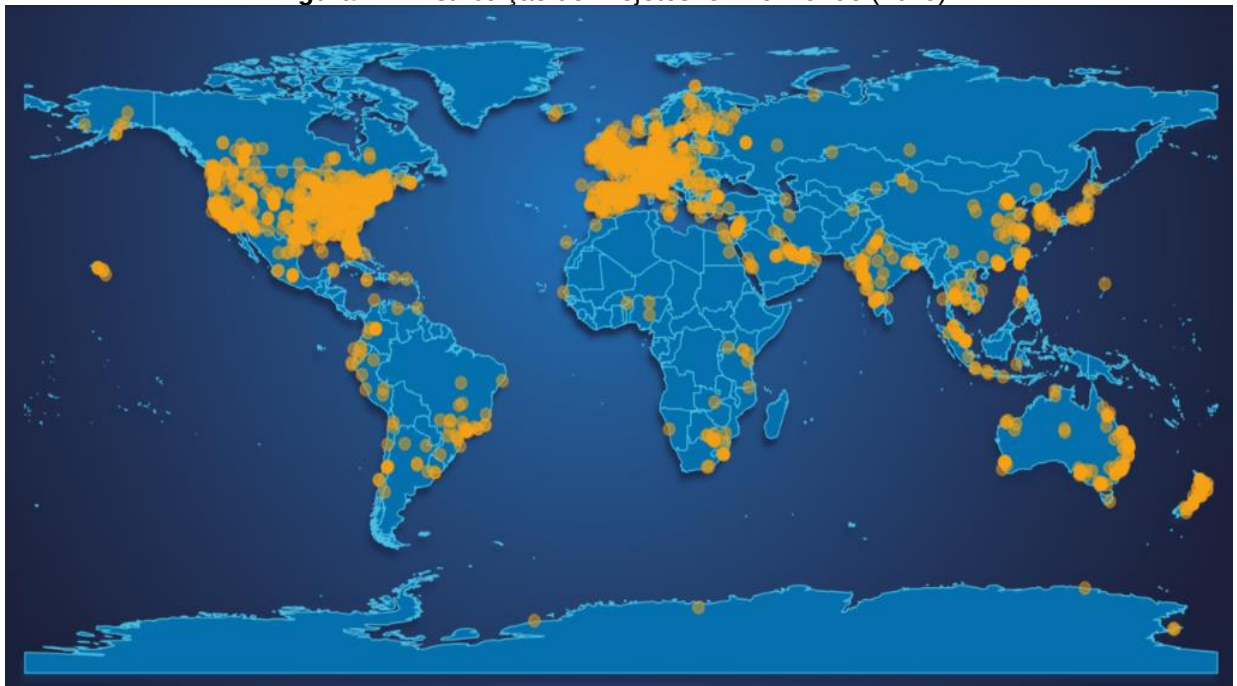
Paulo Spaccaquerche, presidente da Associação Brasileira de Internet das Coisas (ABINC), disse que depois de passar pela fase legislativa, a Internet das Coisas ainda enfrenta dois fatores que dificultam o desenvolvimento integral da tecnologia: os fatores culturais e a falta de mão de obra qualificada são obstáculos para a Internet das Coisas no Brasil; posto que constata-se à falta de interoperabilidade, gestão de mudanças e segurança, somado a insuficiente viabilidade de aquisição de equipamentos e ferramentas necessárias para consolidação da IoT no país [13].

Por outra perspectiva, com a recente implementação de redes 5G, a tendência de ligação através da IoT desdobre-se para algo mais descomplicado. De acordo com uma pesquisa da IoT *Analytics*, o número de dispositivos conectados através da Internet das Coisas em todo o mundo foi de 12,2 bilhões em 2021, um aumento de 8% em relação ao ano anterior, e espera-se que aumente para 14,4 bilhões de

dispositivos no início de 2022. A investigação também mostra que, até 2025, aproximadamente 27 mil milhões de dispositivos estarão ligados à Internet [13].

No Brasil, o setor mais avançado em conectividade IoT é a indústria, mas espera-se que serviços como saúde, agronegócio e cidades inteligentes se expandam fortemente nos próximos anos [13]. Em virtude de não possuir recursos humanos e financeiros suficientes, é fracassada a busca pela liderança global em IoT pelo Brasil, como pode ser visto na Figura 5, em uma corrida travada especialmente entre Estados Unidos, Reino Unido e Coreia do Sul, tão pouco tem força para se juntar ao grupo dos países que procuram diferenciar-se em esferas tecnológicas específicas, como a Alemanha na manufatura avançada ou a Espanha e a China na construção de cidades inteligentes. Ainda assim, o Brasil pode aspirar a tornar-se uma referência para os países emergentes, fortalecendo a indústria e exportação de produtos nacionais, aprimorando a eficiência e a competitividade dos setores público e privado [14].

Figura 2 - Distribuição de Projetos IoT no Mundo (2019)



Fonte: [44]

2.5 PRINCIPAIS ÁREAS COM APLICAÇÕES IOT

Com o avanço de novas tecnologias na atualidade junto a facilitação de acesso à informação, foi notável a promoção de grandes melhorias nas condições de trabalho, saúde, educação e segurança, trazendo consigo o impulsionamento na modernização

de uma sociedade mais tecnológica em todos os seus setores. Desse modo, a IoT foi fruto desse movimento que busca sobretudo a praticidade para seus usuários, ao mesmo tempo que cumpre com eficiência suas tarefas pré-determinadas, abrangendo diversas áreas fundamentais no desenvolvimento econômico, que serão apresentadas nos próximos tópicos.

2.5.1 Uso da IoT na Residência

A implementação de objetos inteligentes nas residências permite o controle e gerenciamento sob variados dispositivos e sistemas, que antes demandavam esforço manual, automatizando todo esse processo e o concentrando na “palma da mão”, através de *smartphones*, *tablets*, computadores e assistentes de voz. Com a automação residencial, a iluminação, a temperatura, o monitoramento de segurança, os eletrodomésticos e eletrônicos ficam à disposição da manipulação de seu proprietário, resumindo a ele apenas a ação de um clique.

2.5.2 Uso da IoT na Saúde

Segundo cálculos da IDC (*International Data Corporation*), acredita-se que mais de 40% das organizações de saúde utilizarão algum tipo de tecnologia IoT como solução para monitoramento de pacientes, auxiliando na composição de tratamentos personalizados e mais efetivos, visto que as informações sobre o estado clínico de um paciente se tornam cada vez mais disponíveis, permitindo diagnósticos mais precisos [15].

O compartilhamento simplificado de informações é outro aprimoramento significativo do uso da Internet das Coisas na área da saúde. Por exemplo, exames de diagnóstico por imagem, como raios X, se beneficiariam da disponibilidade de equipamentos digitais capazes de gerar dados de exames digitalmente [15].

Logo, o estudo de aplicações IoT na saúde vem ampliando-se e recebendo cada vez mais importância, justo que demonstram resultados bastante significativos, podendo destacar-se alguns exemplares concretos, como o acompanhamento de pacientes com marcapassos cardíacos, mal de Parkinson ou diabetes [15].

2.5.3 Uso da IoT na Agricultura

A aplicação da IoT na agricultura visa otimizar a utilização de recursos, melhorar a qualidade das colheitas e aumentar a eficiência da produção de alimentos. O emprego dos sensores visa monitorar as condições do solo e do clima, acionando de maneira automática a irrigação dessas plantações em taxas variadas de acordo com seu déficit, usando de forma eficiente a água e, por consequência, evitando desperdícios e custos a mais. Outra funcionalidade está ligada ao controle de pragas e doenças que assolam as lavouras, onde sensores portáteis ou conectados a drones e satélites podem fornecer imagens aéreas e criar diferentes mapas de cultivo, sendo esses integrados a sistemas ou plataformas informáticas para ajudar a identificar pragas e doenças nas culturas [16].

Além disso, o ponto fundamental da IoT no campo são os sistemas de telemetria, essa ferramenta coleta informações dos veículos (plantadeiras, colheitadeiras, etc.) em tempo real, proporcionando a checagem das máquinas e de suas condições de trabalho, como: velocidade, temperatura, pressão; podendo ser corrigidas remotamente na garantia da realização correta de suas operações, no fim, relatórios são elaborados para uma análise que acarretará na otimização dos maquinários e no processo como um todo [16].

2.5.4 Uso da IoT na Indústria

Na indústria, o uso da IoT contribui como uma ferramenta chave na implementação da Indústria 4.0, dessa forma graças a utilização, crescimento e aprimoramento dessa tecnologia na área industrial criou-se uma nova subcategoria de IoT nomeada pelos especialistas da área como IIoT (*Industrial Internet of Things*), para a Internet Industrial das Coisas, com os mesmos preceitos já vistos anteriormente, de um conjunto de sensores, instrumentos e dispositivos autônomos conectados, só que nesse caso voltado a aplicações industriais via Internet. A rede permite compilar dados, realizar análises e otimizar a produção, aumentando assim a eficiência e reduzindo custos dos processos de fabricação e prestação de serviços. As aplicações industriais são ecossistemas tecnológicos completos que conectam equipamentos e pessoas que gerenciam linhas de montagem, logística ou processos de distribuição em grande escala. Num futuro próximo, espera-se que a adoção da

IIoT leve à implementação de mais robôs industriais, como robôs colaborativos, sistemas de controle de armazéns e transporte de mercadoria e insumos, como também para sistemas de manutenção preditiva [17] [18].

Em síntese, a diferença entre a Internet das Coisas (IoT) e a sua versão industrial (IIoT) não está atrelada ao como funcionam, mas sim na forma como são empregadas, em que a IoT se concentra na prestação de serviços aos consumidores finais, enquanto a IIoT foca na automação e eficiência em um ecossistema industrial totalmente conectado, essa é a essência da Indústria 4.0, colaborando na redução de manutenções corretivas e no planejamento mais prudente de preventivas; no monitoramento da produtividade e contabilização de fontes de inatividade operacional; na prevenção de acidentes graças a construção de um local de trabalho mais seguro e muitas outras oportunidades de melhoria de processo [17] [18].

2.5.5 Uso da IoT no Vestuário

Nesse quesito, destaca-se uma categoria de dispositivo IoT que assimila todos os cenários descritos anteriormente e não limita-se a permanecer fixo em uma localidade, pelo contrário, sua finalidade consiste em acompanhar seu usuário a todo instante como um acessório, uma vez que podem ser chamadas de “tecnologias vestíveis”. Conhecido pelo termo em inglês “*Wearables*”, que traduzido significa vestíveis/usáveis, localiza-se um grupo de dispositivos de alta tecnologia que se conectam a outros dispositivos via WiFi e Bluetooth executando variadas funções em diferentes instâncias, desde atividades cotidianas, como receber mensagens e atender ligações, até demandas mais complexas em indústrias na questão de monitoramento de máquinas, ou em hospitais na captação dos dados vitais de seus pacientes, desfrutando da individualidade de poderem ser usados no corpo e serem levados para onde seu portador quiser [19].

Esses produtos são resultado da evolução tecnológica possibilitada pela miniaturização de componentes eletrônicos, avanços em protocolos de comunicação, geolocalização e *softwares* de gerenciamento de dados. Em resumo, a tecnologia “*Wearable*” representa uma nova fase na evolução da indústria de dispositivos móveis. Se a primeira fase se caracterizou pela comunicação social, pela possibilidade de comunicação instantânea, agora caminha para um novo contexto mais pessoal [19].

Alguns exemplares dessa inovação encontram-se a venda no mercado, compondo um conjunto de acessórios inteligentes como: roupas, pulseiras, relógios, anéis, tênis, e em especial óculos, que são o foco desse trabalho. Exemplificando os óculos inteligentes, eles exprimem uma notável e crescente predisposição no mundo dos dispositivos vestíveis, cuja concepção de construção e utilidade do produto serão discorridos em maior grau no capítulo 3.

CAPÍTULO 3

ÓCULOS INTELIGENTES

Os óculos inteligentes surgiram de um desejo tecnológico de trazer experiências aprimoradas e inovadoras ao usuário. Embora a ideia de óculos com eletrônica integrada possa parecer futurista, suas origens remontam a um passado de algumas décadas. A seguir, será explanado a evolução desta classe de dispositivos vestíveis desde seus estágios iniciais até o cenário atual, revelando como a tecnologia transformou o conceito de óculos de visão tradicionais em sofisticados dispositivos de realidade aumentada e de assistência ao usuário.

3.1 O PRIMÓRDIO DOS ÓCULOS INTELIGENTES

A definição do primórdio de criação dos óculos inteligentes é incerta devido a sua ampla datação, tal como sua incorporação de inúmeros *designs* e protótipos que cooperaram para o amadurecimento dessa tecnologia ao longo do tempo. Todavia, o primeiro exemplo notável que podemos mencionar é o "EyeTap" (Figura 3), desenvolvido pelo pesquisador canadense Steve Mann, em 1984, que correspondia a um dispositivo não comercial que propiciava ao usuário observar o mundo ao seu redor, simultaneamente com a exibição de informações vindas do computador em uma pequena tela transparente [20].

Funcionando como uma câmera, ela registrava exatamente o que seus utilizadores estavam vendo, exibindo em conjunto com uma imagem sobreposta à imagem real, do mesmo modo que na realidade aumentada. Para capturar o que o olho via com a maior precisão possível, o EyeTap dispunha de um divisor de feixe para enviar a mesma cena (com intensidade reduzida) ao olho e à câmera. A câmera digitalizava a imagem refletida da cena e a envia para o computador, que processava a imagem e a enviava para o projetor. O projetor então encaminhava a imagem para o outro lado do feixe dividido para que a imagem previamente gerada pelo computador fosse refletida no olho para ser sobreposta à cena original [21].

Posteriormente, outro marco digno de apontamento foi o lançamento do Google Glass (Figura 4), em 2014, que atraiu a atenção da mídia e do público com recursos como navegação, *streaming* de vídeo, acesso a informações em tempo real e até

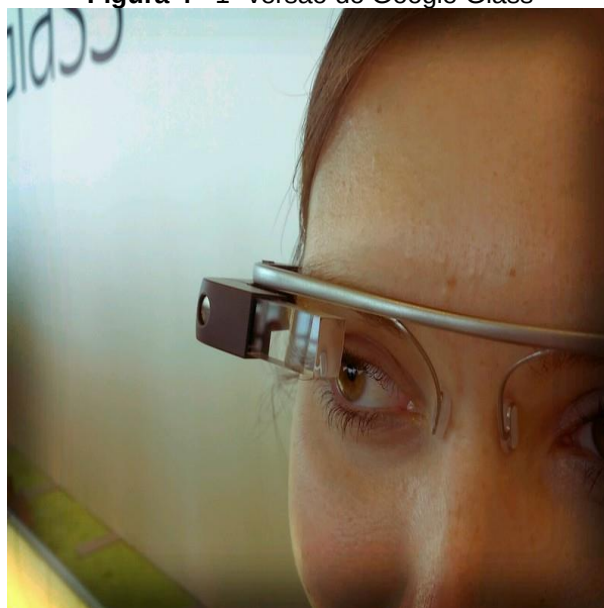
mesmo integração com assistentes de voz, mas acabou não causando grande impacto no mercado consumidor devido a suas falhas nas questões de privacidade e usabilidade. Dessa forma, mesmo não convencendo o mercado a sua adesão, tanto o Google Glass quanto o EyeTap foram precursores de um conceito que eventualmente se tornaria parte dos óculos inteligentes, abrindo caminho para aprimoramentos subsequentes.

Figura 3 - 1ª versão do EyeTap



Fonte: [20]

Figura 4 - 1ª versão do Google Glass



Fonte: [56]

3.2 SUBCATEGORIAS DE ÓCULOS INTELIGENTES NO MERCADO

Certamente, o desenvolvimento tecnológico juntamente com o foco do mercado em novos dispositivos voltados ao cuidado pessoal e a abrangência da IoT na sociedade acarretaram no aperfeiçoamento e na expansão significativa das funções dos óculos inteligentes, cujo os primeiros não conseguiam entregar. Atualmente, os óculos inteligentes podem ser divididos em quatro tipos principais que serão evidenciados nos tópicos subsequentes, cada um oferecendo diferentes funcionalidades.

3.2.1 Óculos de Áudio

Os *audio glasses*, ou óculos de áudio, são os mais próximos, tanto em tamanho quanto em aparência, dos óculos comuns. Projetados para fornecer uma experiência de áudio aprimorada, esses dispositivos contam com alto-falantes embutidos em suas hastes, que permitem que seus usuários ouçam música, atendam ligações e ainda interajam com assistentes de voz, como *Google Assistant*, *Alexa* ou *Apple Siri* [22].

Respondendo a uma demanda de soluções de áudio mais discretas e integradas ao estilo de vida mais moderno, esses óculos são particularmente populares entre aqueles que desejam desfrutar de música, chamadas e outros recursos sem a necessidade do uso dos fones de ouvido tradicionais, viabilizando uma experiência de áudio mais imersiva e conveniente. Um exemplar à venda no mercado são os óculos *Bose Frames Tempo* (Figura 5), da *Bose*, destinados a praticantes de esportes, como ciclismo ou corrida [22].

Figura 5 - Óculos áudio: Bose Frames Tempo



Fonte: [50]

3.2.2 Óculos de Realidade Virtual

Os óculos de realidade virtual, mais conhecidos como óculos VR (*Virtual Reality*) , agem de maneira equivalente aos óculos 3D, apresentando imagens ligeiramente distintas para estimulação individual de cada um dos olhos, concedendo aos seus utilizadores uma experiência imersiva ao transportá-lo para ambientes visuais tridimensionais [22].

Por intermédio de lentes polarizadas, são exibidas duas imagens que ocasionam efeitos visuais, que em conjunto a efeitos sonoros, buscam enganar a percepção do cérebro do usuário, fazendo-o acreditar que tudo o que está vendo e ouvindo corresponde ao real. Essa simulação é conseguida graças a modificação da imagem à medida que o portador move partes do seu corpo conectadas a sensores que controlam a simulação, como giroscópios, acelerômetros e magnetômetros [22].

Além de criar essa ilusão para o cérebro, os modelos mais modernos também permitem que os usuários sejam capazes de interagir com a cena por meio de movimentos de cabeça, diferenciando-se totalmente dos óculos 3D de cinema, ao sobrepor inteiramente a visão, elaborando uma imagem que não permanece estática em um ponto, mas se conduz de acordo com qualquer movimento do usuário, permitindo uma visão completa do ambiente virtual em que se encontra inserido [22].

Os óculos VR são amplamente utilizados na área do entretenimento como jogos e filmes, mas também destacam-se sua empregabilidade em treinamentos profissionais, simulações médicas, na educação virtual, no turismo virtual e entre vários outros setores socioeconômicos. Dessa maneira, à medida que a tecnologia avança, espera-se que esses equipamentos continuem a melhorar, proporcionando experiências cada vez mais realistas e diversificadas. Um exemplo bastante conhecido nesse mercado de VR (*Virtual Reality*) são os óculos da linha Meta Quest (Figura 6), desenvolvidos pela empresa Meta para o público voltado a jogos virtuais.

Figura 6 - Óculos VR: Meta Quest 3



Fonte: [51]

3.2.3 Óculos de Realidade Aumentada

Os óculos de realidade aumentada, abreviados como óculos AR (*Augmented Reality*), dispõem do atributo de mesclar o mundo real com o digital, usufruindo da capacidade de sobrepor a linha de visão de seu usuário com caracteres e elementos visuais de informações geradas da comunicação do sistema operacional integrado ao equipamento com a Internet, exibindo notificações, horário, localização, clima, entre outros dados. Juntamente com câmeras, esses óculos contam com a aplicabilidade na captura de imagens, gravação de vídeos e até transmissão em tempo real, tudo na perspectiva do usuário [22].

Diferentemente dos óculos VR que provocam uma imersão em um ambiente totalmente virtual, os óculos AR não desabilitam a percepção da realidade em que está inserido, tornando esse modelo uma ferramenta com variadas aplicações de assistência ao usuário, posto que a conveniência e praticidade na leitura de informações transformam seu portador em um indivíduo com olhar integralmente conectado ao equipar-se dos óculos, desocupando suas mãos da necessidade de apanhar o dispositivo, como ocorre em *smartphones* e *tablets*, para checar as mensagens, atender uma ligação ou até mesmo fazer uma pesquisa na Internet [22].

Devido a sua capacidade, a ampliação da extensão de cobertura de utilização desses óculos acaba não se limitando apenas a clientes domésticos em atividades cotidianas e de pouca demanda, mas também agrupa grande empregabilidade em

indústrias, hospitais, comércios, escolas e vários outros setores de impacto socioeconômico. Suas funcionalidades contribuem especificadamente na promoção de dados que demandam acompanhamento contínuo, ou ainda como suporte de consulta e pesquisa em alguns casos. O Mijia Glasses Camera (Figura 7) [23] é um exemplar de óculos AR da empresa chinesa Xiaomi, composto por duas câmeras ele faz reconhecimento de imagens e traduz idiomas em tempo real.

Figura 7 - Óculos AR: Mijia Glasses Camera



Fonte: [23]

3.2.4 Óculos de Realidade Mista

Está mais recente subcategoria de óculos inteligentes combina as propriedades do VR (*Virtual Reality*) com o AR (*Augmented Reality*) , recurso que manipula uma gama de objetos fictícios a ambientes da vida real, propiciando experiências que unem os ambientes físicos e virtuais de forma mais profunda e interativa. Esses dispositivos são projetados para criar experiências mais ricas onde objetos e informações digitais podem interagir dinamicamente com o mundo real, implementando ainda mais os benefícios da tecnologia em prol da segurança, eficiência e praticidade. Nesse quesito, no mercado a Microsoft investe na sua série de óculos denominado Hololens (Figura 8), que destaca-se na busca dessa união entre realidades com garantia de maior produtividade e precisão de seus usuários [22].

Figura 8 - Exemplificação de uso do Microsoft Hololens



Fonte: [52]

CAPÍTULO 4

CONSTRUÇÃO DO PROJETO

Como retratado anteriormente, os óculos inteligentes desempenham inúmeras funções no dia a dia de seu usuário, isso é possível graças a ascendência da IoT, que converteu esse acessório vestível em um manipulador de realidades, conseguindo ir além de uma simples conexão com outros objetos, para também uma associação do real com o virtual. Nesse quesito, o pressuposto desse trabalho visa a construção de um modelo próprio de óculos inteligente que se encaixa nas características dos óculos de realidade aumentada, tendo como objetivo a leitura de dados de forma fácil e prática.

4.1 COMPONENTES UTILIZADOS

A construção do projeto eletrônico envolveu uma associação de diversos componentes para o desempenho de cada função específica dos óculos, assim através de estudos e pesquisas na Internet foram definidos esses elementos, a fim de garantir um bom funcionamento do dispositivo. Neste contexto, a seguir, serão apresentados os elementos selecionados e adotados para a concretização deste projeto.

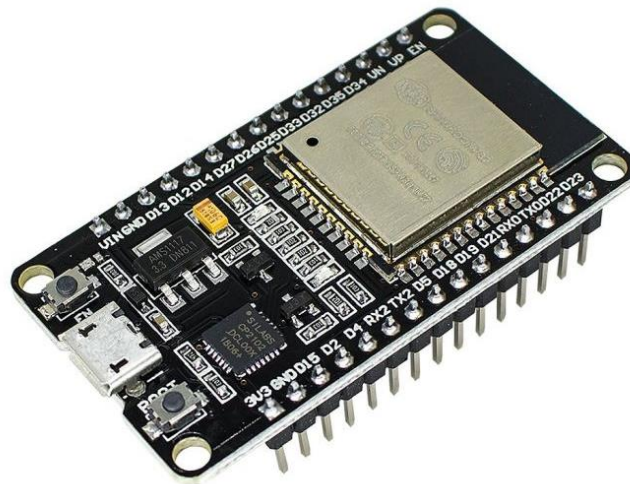
4.1.1 ESP32

Desenvolvido pela empresa chinesa Espressif Systems, a placa de desenvolvimento de *hardware* chamada ESP32 (Figura 9) destaca-se como uma importante ferramenta no desenvolvimento de projetos de automação. Composto por um módulo de comunicação Wi-Fi, um sistema com processador *dual-core*, *Bluetooth* híbrido e diferentes sensores embutidos, unido a sua robustez, versatilidade e confiabilidade, o qualifica como um dispositivo ideal na elaboração de sistemas baseados em Internet das Coisas, tornando a construção do projeto mais descomplicada e ocupando menos espaço [24].

Portanto, através de códigos de programação, escritos no Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), um ambiente de programação de *software*,

foram definidas as funcionalidades dos óculos, tendo atribuído ao ESP32 a competência de gerenciar como meio central o processamento e envio de dados entre componentes e também com a Internet, a designação de atuação de acordo com suas condições pré-programadas e na distribuição de energia com base em seu regulador de tensão de 3,3V [24].

Figura 9 - Placa de desenvolvimento ESP32



Fonte: [53]

4.1.2 Display OLED

O *display* OLED (Figura 10), do inglês *Organic Light-Emitting Diode*, traduzido como Diodo Orgânico Emissor de Luz, pode ser definido como um painel visual eletrônico que emprega diodos emissores de luz orgânica como fonte principal de luminosidade, em decorrência de sua tecnologia eletroluminescente que corresponde na emissão de luz das camadas de material orgânico em consequência da agitação das moléculas do diodo ao entrar em contato com a corrente elétrica [25].

Semelhante a outros tipos de tela, as matrizes OLED podem ser utilizadas para exibir imagens, texto, vídeo e muito mais em telas ou painéis de praticamente qualquer tamanho, destacando-se especialmente no mercado de entretenimento doméstico de última geração. Os *displays* OLED também estão cada vez mais sendo divulgados como ferramentas de exibição de desempenho nas indústrias e em outros setores, isso devido às suas vantagens exclusivas em termos de eficiência energética, durabilidade e custo [25].

Figura 10 - Display OLED 0.96"

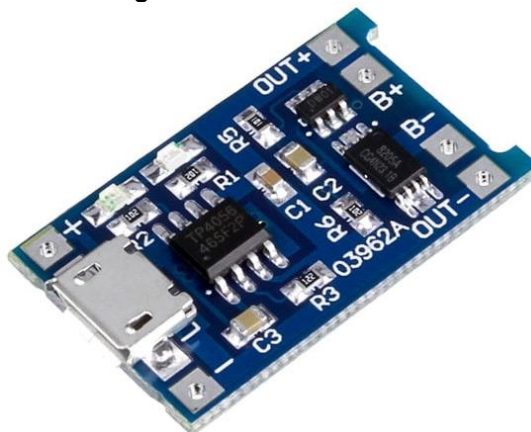


Fonte: [54]

4.1.3 Módulo Carregador de Baterias - TP4056

O módulo TP4056 (Figura 11) equivale a um circuito integrado de gerenciamento de carga projetado para carregar baterias recarregáveis de íons de lítio (Li-ion) ou polímero de lítio (Li-Po) através do método de carregamento de CC/CV (Corrente Constante/Tensão Constante), no qual a bateria é carregada com uma corrente constante até alcançar sua tensão de flutuação, aproximadamente da 10% de sua tensão nominal, e logo após o carregador entra no modo de tensão constante para impedir sobrecarga ou autodescarga [27]. Em dispositivos alimentados por bateria, essa peça é capaz de proporcionar uma solução eficiente e compacta no momento de recarga, sendo aplicados em uma variedade de aplicações eletrônicas, como: carregadores USB (*Universal Serial Bus*) portáteis, lanternas, etc [28].

Figura 11 - Módulo TP4056



Fonte: [28]

4.1.4 Módulo Regulador de Tensão – MT3608

O módulo regulador de tensão ajustável MT3608 (Figura 12), também conhecido como *boost converter*, corresponde a uma ferramenta amplamente aplicada em projetos eletrônicos que necessitam de diferentes tensões e correntes, ainda mais se planeja-se que determinada tensão de entrada seja aumentada e depois disponibilizada para o devido acionamento de seus componentes, justo que seu *trimpot*, um potenciômetro ajustável em seu circuito, garante a manipulação do acréscimo de tensão conforme a necessidade do projeto [29].

Esse módulo é ideal quando a tensão disponível é insuficiente para alimentar certos elementos, como: motores, relés, *displays*, microcontroladores ou outros circuitos que demandam de faixas de tensões e correntes específicas para o seu pleno funcionamento [29].

Figura 12 - Módulo MT3608

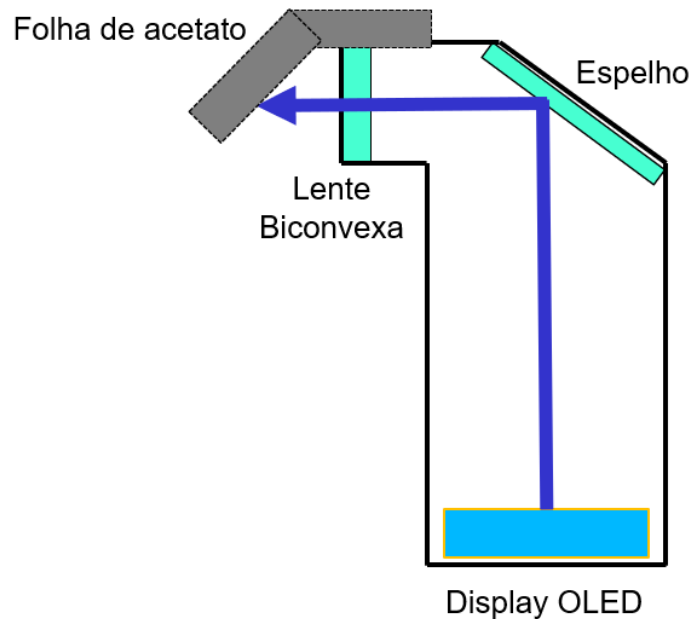


Fonte: [55]

4.2 ESTRUTURA DOS ÓCULOS

Conforme mencionado no capítulo de Introdução, a concepção deste projeto foi inspirada nos óculos inteligentes desenvolvidos por Alain Mauer, e propositalmente seu modelo de suporte para acoplamento das peças acabou guiando para confecção neste trabalho, justo que o design desenvolvido por ele proporciona uma projeção adequada da imagem gerada pelo *display* OLED até uma folha de acetato, através da reflexão com o espelho no ângulo de 35° e consequentemente a ampliação da imagem refletida pela lente biconvexa, como pode ser visto na Figura 13. A seguir, serão retratados separadamente a função de cada parte física dos óculos.

Figura 13 - Esquema de projeção de imagem



Fonte: Elaboração própria

4.2.1 Suporte de Acoplamento dos Componentes

A confecção do suporte de acoplamento dos componentes dos óculos foi feita em papelão (Figura 14), um material que destaca-se pela sua abordagem sustentável, lembrando da importância da reciclagem. O papelão, apesar de leve, é facilmente moldável e recortável devido à sua flexibilidade e maleabilidade, permitindo a criação de formas variadas com facilidade e precisão.

Figura 14 - Suporte de acoplamento



Fonte: Elaboração própria

4.2.2 Circuito Eletrônico dos Óculos

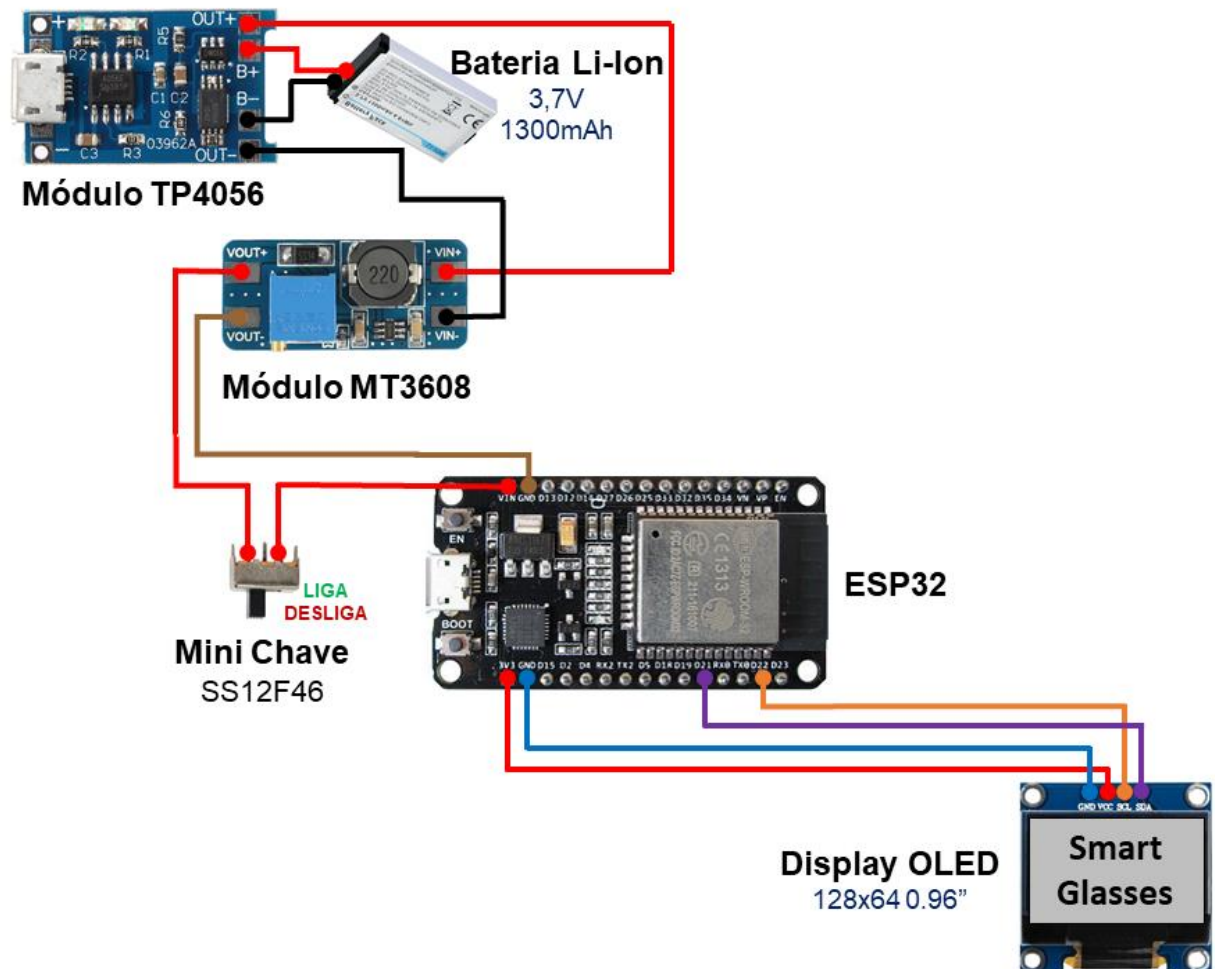
A interconexão eficiente dos componentes eletrônicos desempenha um papel fundamental para o bom funcionamento de qualquer circuito ou sistema. Em vista disso, para montagem de todo circuito eletrônico dos óculos fez-se necessário para cada peça uma consulta de suas características técnicas, através de *datasheets*, com objetivo de compreender seu funcionamento, a distribuição de seus pinos de conexão e a relação entre as entradas, na ação de receber sinais elétricos, e a saída, na amplificação desses sinais.

Primeiramente, o módulo TP4056 concentra a fonte energética do circuito, que consiste em uma bateria de íons de lítio com tensão nominal de 3,7V, distribuindo sua carga para as demais partes, ao mesmo tempo que consegue recarregá-la quando preciso, graças a conexão micro USB (*Universal Serial Bus*) em sua entrada. Com uma tensão de alimentação de 5V e tensão de saída fixa de 4,2V, o módulo é projetado para evitar sobrecarga na bateria, além de contar com indicadores luminosos para demonstrar o *status* de carregamento, a condição de carga completa e se a conexão está correta [27] [28].

Posteriormente, o módulo MT3608 dispõe da função de absorver a tensão de saída do TP4056 em sua entrada e amplificá-la para uma tensão desejada através do ajuste realizado no *trimpot*, que nesse caso são 5V, a tensão nominal de funcionamento do ESP32. No meio da conexão entre MT3608 e ESP32 encontra-se a mini chave SS12F46, responsável exclusivamente pelo ato de ligar ou desligar o microcontrolador, impedindo que a bateria permaneça constantemente conectada, descarregando e perdendo carga enquanto o óculos não é usado [24] [29].

Por fim, por intermédio do ESP32 é utilizado seu pino de saída do regulador de 3,3V para alimentação do *display* OLED de 0.96", juntamente com a ligação dos GPIOs (*General Purpose Input/Output*) para estabelecimento do protocolo de comunicação I2C (*Inter Integrated Circuit*), um padrão de comunicação serial bidirecional que permite a troca de dados entre dispositivos eletrônicos utilizando apenas dois fios, um para sincronização pelo SCL (*Serial Clock*) e outro para troca de dados em SDA (*Serial Data*) [30]. No ESP32, essa comunicação é feita através de pinos específicos, sendo o pino GPIO 22 empregado como sinal de *clock* (SCL) e o pino GPIO 21 como sinal de dados (SDA) [24]. Após feita todas as ligações, o circuito dos óculos apresentará um esquema de ligações semelhante a Figura 13.

Figura 15 - Esquema de ligações dos componentes dos óculos



Fonte: Elaboração própria

4.2.3 Lente Biconvexa

Para o ampliamto da imagem produzida pelo *display* OLED, e em seguida refletida no espelho, utilizou-se uma lente biconvexa (Figura 14), comumente encontrada em lupas de aumento, para manipulação dessa imagem. A lente biconvexa é classificada como uma lente esférica convergente de bordas finas devido a sua propriedade de refração da luz visível, cuja trajetória ao atravessar a lente é concentrada em um único local, chamado ponto focal [31].

Composta de duas superfícies curvas, ambas com curvatura externa, a lente biconvexa é beneficiada ao apresentar um centro óptico coincidentemente ao seu centro de simetria, assim sendo os raios de luz que passam por ele não são refratados, facilitando no descobrimento da distância focal, a distância entre o ponto focal e o

centro óptico. Dessa maneira, a utilização da lente biconvexa visa explorar sua propriedade de imagem, justo que ao posicionar o objeto a ser observado entre o foco e o centro óptico obtém-se uma imagem virtual, direita e ampliada [32].

Figura 16 - Lente biconvexa



Fonte: Elaboração própria

4.2.4 Folha de Acetato

Na parte de exibição aos olhos do usuário, a superfície responsável por receber a projeção ampliada da imagem e ainda garantir uma nitidez ao campo de visão sobre o ambiente que o cerca, seguindo o mesmo aspecto dos óculos realidade aumentada, foi confeccionado através de uma folha de acetato (Figura 15), uma folha lisa, transparente e flexível criada a partir do acetato de celulose, bastante empregada no passado na fabricação de filmes fotográficos. Por isso, com objetivo de exibir uma imagem mais clara possível, sem comprometer a percepção dos olhos com um obstáculo opaco, optou-se na aplicação de um recorte da folha de acetato como visor central na elaboração dos óculos inteligente.

Figura 17 - Folha de acetato



Fonte: Elaboração própria

4.3 PROGRAMAÇÃO DOS ÓCULOS

A programação da aplicação IoT dos óculos inteligentes por intermédio do microcontrolador ESP32, como comentado anteriormente, acabou sendo produzido em um ambiente de desenvolvimento, o Arduino IDE, na versão 2.2.1, cujo editor de códigos fundamenta-se nas linguagens de programação C e C++ para criação de programas a partir de placas baseadas em microcontroladores, exibindo simultaneamente uma interface gráfica amigável para a execução, *upload* e depuração do código.

A integração do ESP32 ocorreu primeiramente através da adição de sua URL (*Uniform Resource Locator*) no campo de gerenciadores de placa, e logo após foi realizada sua instalação. A partir disso, com intuito de estabelecer a comunicação entre o ESP32 e o *display* OLED, bem como a conexão ao broker gratuito com o protocolo MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) via WiFi e a configuração de todos os parâmetros por meio de funções pré-definidas para o pleno funcionamento da aplicação, foram inseridas na programação as seguintes bibliotecas dispostas na Figura 16.

Figura 18 - Bibliotecas empregadas na programação dos óculos

```
#include <Adafruit_GFX.h>           // biblioteca Display OLED
#include <Adafruit_SSD1306.h>       // biblioteca Display OLED
#include <Wire.h>                   // biblioteca de comunicação I2C entre ESP32 e Display OLED
#include <WiFiManager.h>           // biblioteca de configuração WiFi do ESP32
#include <PubSubClient.h>          // biblioteca broker MQTT para inscrição ou publicação de tópicos
```

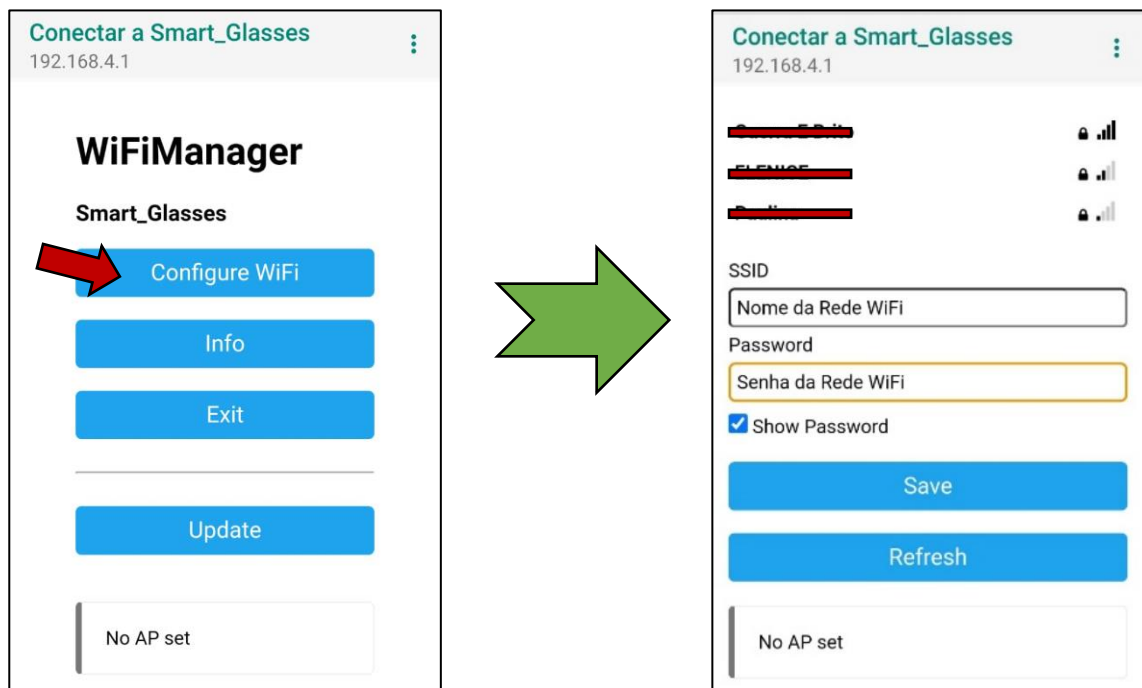
Fonte: Elaboração própria

4.3.1 Conexão dos Óculos à Rede WiFi

Dessa maneira, para o cumprimento do fundamento da IoT no quesito acesso à Internet, sucedeu-se em virtude da composição do Wi-Fi nativo do ESP32 na propriedade de ponto de acesso, denominado modo AP (*Access Point*), que consiste na habilidade de criação de uma rede Wi-Fi independente pelo próprio microcontrolador, com nome de rede e senha, concedendo acesso do usuário por intermédio de outros dispositivos, como: *smartphones*, *tablets*, *notebooks*, etc.

Dessa forma, ao acessar a rede criada pelo ESP32, ocorre o direcionamento para uma página *Web* localizada no IP: **192.168.4.1**, um endereço padrão gerado pela biblioteca WiFiManager, para então haver a configuração de conexão do ESP32 à rede Wi-Fi desejada, alterando para o modo STA (*Station*). Com essa estratégia na aplicação, deixa-se de existir a limitação recorrente de carregar uma nova programação com a declaração dos dados de acesso a cada rede Wi-Fi que pretende-se estabelecer uma conexão, proporcionando acesso à Internet mediante outras redes conhecidas e em diferentes locais, ampliando sua escala de conectividade junto a uma gama de ambientes para implementação desse dispositivo [33].

Figura 19 - Página Web criada pelo WiFiManager



Fonte: Elaboração própria

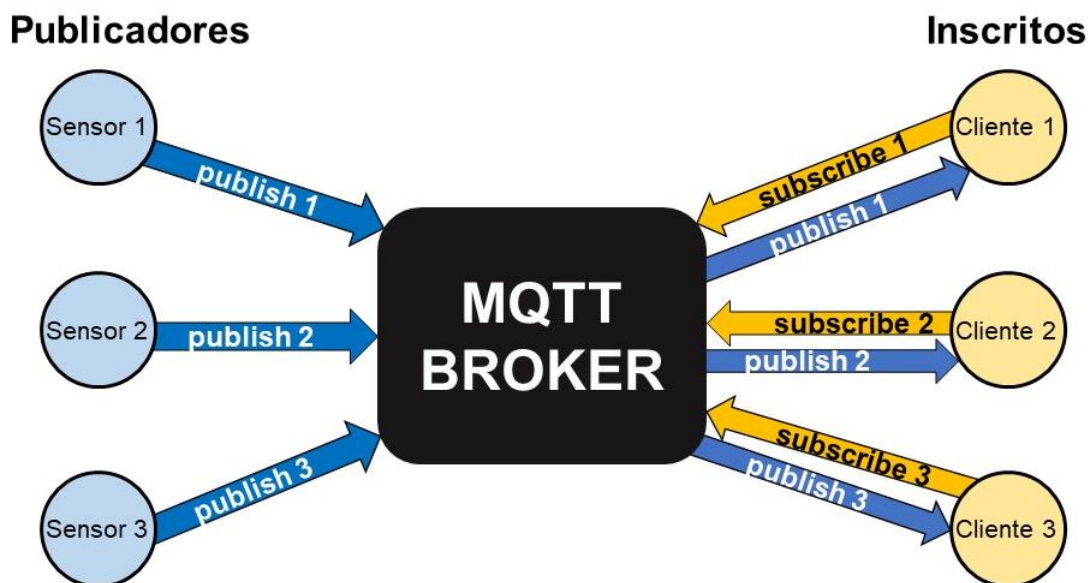
4.3.2 Troca de Mensagens pelo *Broker* MQTT

Após estabelecida a conexão com à Internet, a etapa seguinte volta-se para a aquisição dos dados recorrendo ao protocolo MQTT, um dos principais no quesito trocas de mensagens entre dispositivos IoT, seguindo o padrão publicação e inscrição, cujo conceito de funcionamento constitui-se no aspecto de que para o recebimento de determinada informação proveniente de outro dispositivo torna-se necessário a

inscrição no item publicado pelo mesmo para então ocorrer o recebimento desses dados, em vista disso, pode resumir os clientes desse protocolo em duas categorias: o que publica a mensagem e o que inscreve-se para receber a mensagem [34] [36].

Nessa rede MQTT, existe um elemento responsável pela coordenação na comunicação entre os clientes considerado o ponto chave do sistema, o denominado *Broker*, que equivale a um servidor intermediário, agindo no recepcionamento das mensagens publicadas e as encaminhando para os interessados em recebê-las, como pode ser visto na Figura 18. Nessa questão, as mensagens no protocolo MQTT são dispostas em tópicos, ou seja, em uma sequência de caracteres alfanuméricos, que se separam por barras (/) a fim de retratar o nível hierárquico no arranjo de informações, facilitando assim na estruturação e identificação das mensagens [34] [35] [36].

Figura 20 - Diagrama de funcionamento protocolo MQTT



Fonte: Elaboração própria

Nesse contexto, para o cumprimento da articulação entre envio e recebimento de dados entre clientes, acrescentou-se a programação do ESP32 funções pré-definidas beneficiadas da biblioteca <PubSubClient.h> para a padronização ao protocolo MQTT, incorporado ao **HiveMQ Public Broker** [37], o *broker* escolhido para o gerenciamento das informações em virtude de sua gratuidade, alta acessibilidade e configuração simplificada [34].

Dessa maneira, é feita a interconexão entre o ESP32 utilizado nos óculos e outros equipamentos em um modelo de transmissão de mensagens pautado na confiabilidade e escalabilidade.

4.3.3 Sensores para Captação dos Dados

Os sensores utilizados para captação de dados foram o **HC-SR04** e o **MQ-2**. O sensor ultrassônico HC-SR04 é capaz de mensurar a proximidade de outro objeto através de ondas sonoras com frequências acima de 40 kHz, graças ao seu transmissor ultrassônico que emite pulsos que em contato com algo são refletidos e captados pelo receptor incluso, significando o intervalo de tempo entre o pulso enviado e o recebido multiplicado pela velocidade do som (340 m/s) e dividido para 2 ondas, como o formato usado para calcular a distância em metros [38]. Já o sensor de gás MQ-2 consegue detectar a presença diferentes gases inflamáveis, como: metano, butano, propano, álcool e até fumaça, bem como a concentração desses gases no ambiente na unidade de ppm (partes por milhão), essa percepção deve-se ao seu elemento interno que aquece a resistência do sensor de gás, que ao ser alterada em caso de alguma perturbação na qualidade do ar, acaba enviando um sinal digital e outro analógico de acordo com a configuração de sensibilidade pelo trimpot em seu circuito [39].

Com a integração dos sensores HC-SR04 e MQ-2 ao protocolo MQTT através da publicação de tópicos no *broker* público empregando outro ESP32, estabeleceu-se uma interconexão para o envio dos dados coletados ao ESP32 constituinte dos óculos inteligentes, no qual encontra-se inscrito nos tópicos correspondentes, garantindo uma eficiente comunicação entre dispositivos em permanência de um acompanhamento em tempo real das informações captadas pelos sensores.

Essa abordagem não apenas exemplifica a versatilidade dos dispositivos IoT, mas também destaca a importância do MQTT como uma solução robusta para a troca de dados em redes distribuídas, ampliando as possibilidades de aplicações práticas e contribuindo para a construção de sistemas mais inteligentes e conectados.

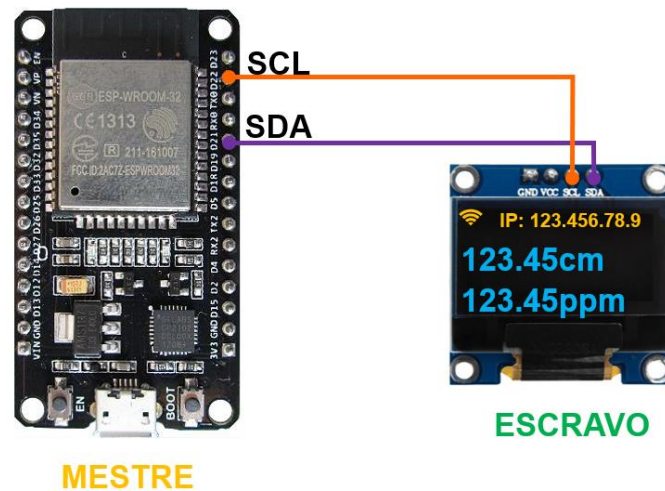
4.3.4 Comunicação I2C entre ESP32 e *Display* OLED

Após estabelecida a conexão com a Internet e consequentemente ao servidor *broker*, é preciso efetuar a exposição dos dados recebidos pelo ESP32. Esse encargo cabe ao *display* OLED, cujo qual irá comunicar-se com o microcontrolador para alinhamento em tempo real das informações entregues pelo *broker*, e em seguida com a formação de elementos visuais em sua tela. Essa comunicação tem aspecto serial e segue-se mediante protocolo I2C (*Inter Integrated Circuit*), que constitui-se de um barramento compartilhado, no qual periféricos de baixa velocidade conseguem se conectar à placas-mãe, microcontroladores e outros circuitos de aquisição e gestão de dados, desfrutando de uma extensa variedade de aplicações, que vão desde sistemas básicos até os mais complexos.

Sua propriedade de comunicação tipo mestre-escravo, em que o dispositivo mestre é responsável por iniciar e finalizar as transmissões de requisição de dados ao dispositivo escravo, restando a este responder as demandas solicitadas. Esse barramento distribuído para ligação entre mestre e escravo envolve dois fios: o SDA (*Serial Data*) e o SCL (*Serial Clock*). A linha SDA é empregada na transmissão dos dados em ambas as direções entre o mestre e o escravo, sendo atribuído como o trajeto pelo qual os dados enviados e recebidos transitam, no mesmo momento em que a linha SCL exerce a sincronização da comunicação entre dispositivos com o auxílio de pulsos de *clock*, um pulso elétrico periódico gerado pelo mestre para a coordenação da transmissão e recepção de dados, acompanhando cada fase da comunicação [40].

Voltando esses princípios para os óculos inteligentes, nesse contexto o ESP32 exerce papel de controlador mestre, sendo responsável por iniciar e controlar as comunicações no barramento I2C por meio da emissão de comandos de exibição com base nas informações enviadas, fornecendo também o sinal de *clock* (GPIO 22) e a linha de dados (GPIO 21), como pode ser visto na Figura 19. O *display* OLED, por sua vez, responde aos comandos do ESP32 como escravo, exibindo as informações conforme as instruções, somente quando solicitado [24].

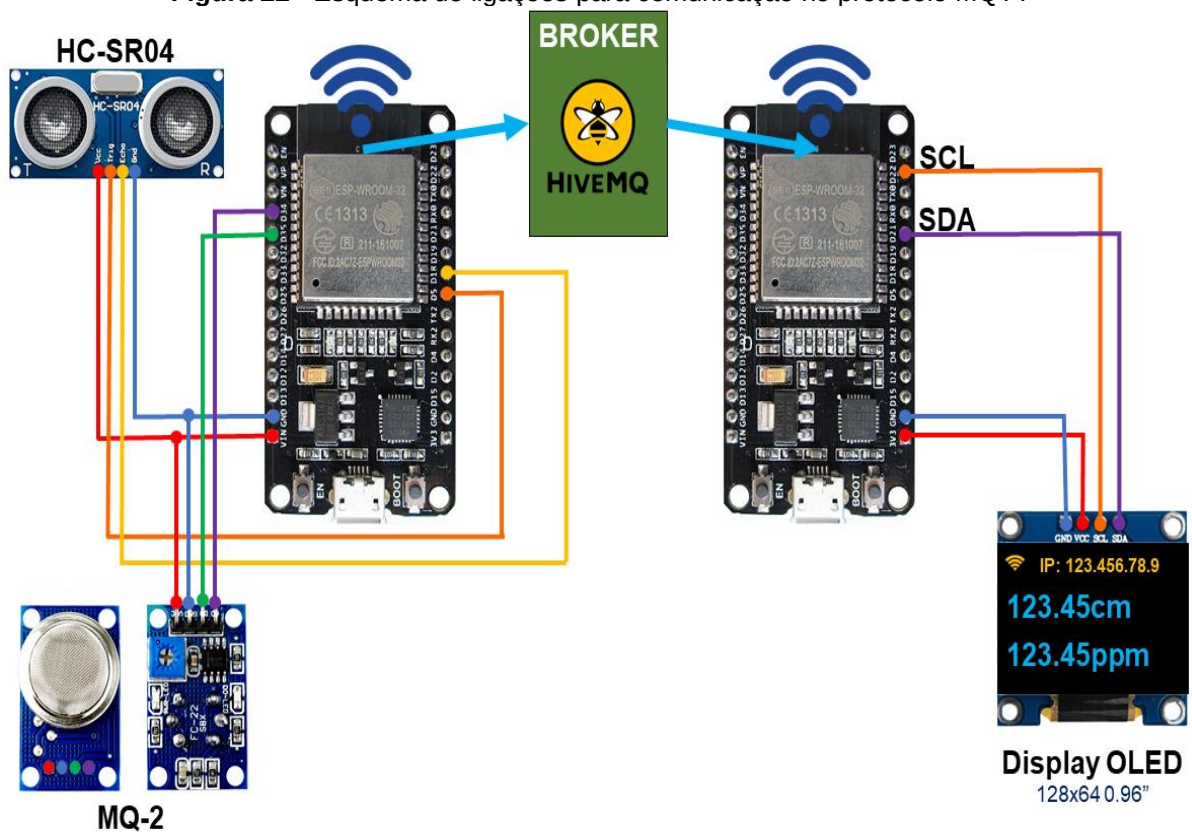
Figura 21 – Esquema de ligação do protocolo I2C (ESP32 e *Display OLED*)



Fonte: Elaboração própria

Sendo assim, seguindo a disposição de todos os componentes do sistema de dados tendo a programação de seus parâmetros efetivada, conclui-se o arranjo das conexões e a formação do seguinte esquemático:

Figura 22 - Esquema de ligações para comunicação no protocolo MQTT



Portanto, após concluída todas as etapas anteriores e feita todas os ajustes para o pleno funcionamento, os óculos apresentaram a seguinte versão final, que pode ser vista nas figuras abaixo:

Figura 23 - Óculos inteligente finalizado



Fonte: Elaboração própria

Figura 24 - Projeção de imagem na folha de acetato



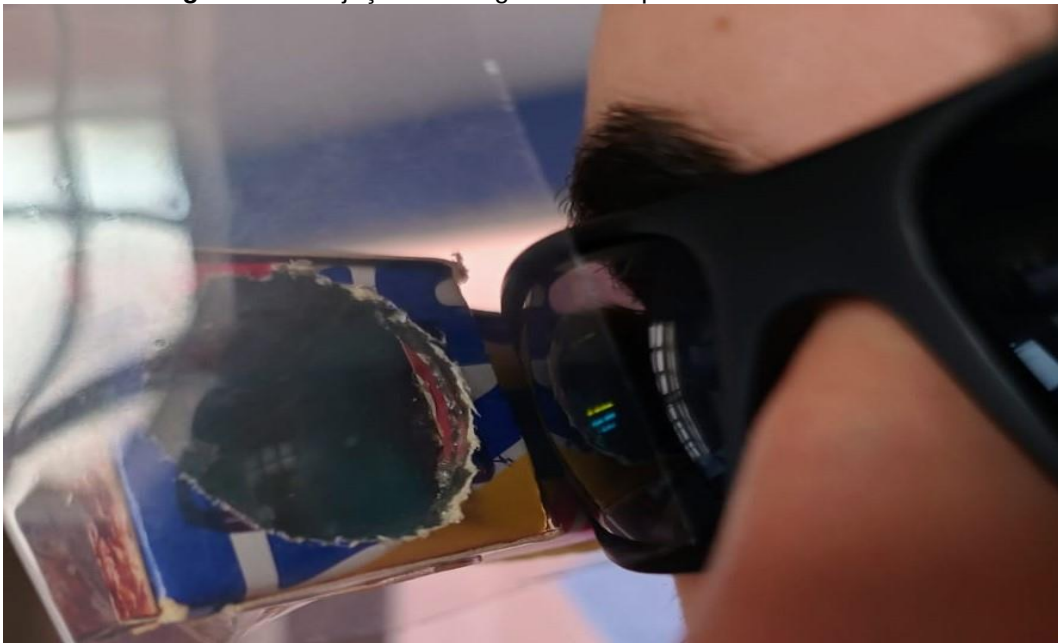
Fonte: Elaboração própria

Figura 25 - Óculos no rosto do usuário



Fonte: Elaboração própria

Figura 26 - Projeção de imagem no campo de visão do usuário



Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Integrando toda essência do trabalho desenvolvido visando materializar o conceito de Internet das Coisas (IoT) através da confecção dos óculos inteligentes com atributos na Realidade Aumentada (AR), leva a capacidade de deduzir que a integração de dispositivos físicos com a rede global de Internet representou, e continua representando, um avanço significativo e histórico na propriedade de interconexão e comunicação entre objetos do cotidiano. Recorrendo a aplicação do microcontrolador ESP32 conjuntamente com um *display* OLED em uma disposição óptica de lente e espelho, cumpriu aos olhos do usuário uma demonstração do potencial de incorporação da tecnologia “inteligente” em itens aparentemente simples.

A utilização do protocolo MQTT para a comunicação entre os óculos e os sensores HC-SR04 e MQ-2 salientam a importância de um protocolo de comunicação eficiente para padronização e gerenciamento dos dados em tempo real, sempre na busca de melhorias de disponibilidade e segurança das informações. Esse procedimento propiciou-se a conexão do dispositivo a um *broker* público, demonstrando a capacidade de incorporar os óculos em uma rede mais vasta, facilitando a troca de mensagens carregadas de informação oriundas de diferentes locais e equipamentos.

Tendo os sensores HC-SR04 e MQ-2 incorporados ao projeto, acrescentaram-se junto a funcionalidade nos óculos a habilidade de coleta de dados ambientais relevantes dentro de um monitoramento simultâneo, que não apenas enriquece a experiência do usuário, mas também destaca a versatilidade da IoT na obtenção e análise de informações em tempo real.

Além de tudo, o trabalho evidenciou a versatilidade de aplicação da IoT tanto no ambiente doméstico quanto na industrial, ressaltando que qualquer objeto pode se tornar parte de uma extensa rede de dados, no objetivo de melhor servir ao seu usuário seja na sua casa, quanto em um trabalho no chão de fábrica, conectando-se

em diferentes ambientes e demonstrando sua flexibilidade e potencial transformador na realização de atividades de forma mais prática e eficiente.

Em síntese, o projeto não apenas materializou o conceito de IoT em um objeto inteligente, mas também contribuiu para a compreensão e aplicação prática dessa tecnologia inovadora. Assim, os óculos inteligentes vão além de apenas um dispositivo, logo que representam uma janela para um futuro onde a conectividade e a inteligência estão presentes em todos os aspectos do nosso cotidiano para um estilo de vida prático, conectado e multifuncional.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Envolvendo esse projeto, existem inúmeras oportunidades de exploração no ramo da Internet das Coisas junto ao aprimoramento dos óculos inteligentes com novas tecnologias que estão surgindo no mercado, dessa maneira é possível citar algumas ideias de melhoria para trabalhos futuros, como:

- Realizar um levantamento de outros tipos de sensores mais avançados, como sensores de temperatura, vazão ou corrente elétrica, para integração aos óculos, estendendo ainda mais os recursos de coleta de dados e personalizando a experiência do usuário;
- Demonstrar questões de segurança e privacidade desenvolvendo protocolos robustos para proteger os dados transmitidos pelos óculos, garantindo assim a privacidade do usuário e de suas informações;
- Aperfeiçoar as características ergonômicas e de projeção dos óculos inteligentes para seu uso em longos períodos de tempo, explorando novos designs que combinem estética com funcionalidade.
- Investigar maneiras de aperfeiçoar a interface dos óculos para fornecer uma experiência de usuário mais intuitiva e envolvente ao interagir com realidade aumentada.

REFERÊNCIAS

- [1] FIA. **Desenvolvimento Tecnológico: Guia Completo para Administradores.** Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/desenvolvimento-tecnologico/>>. Acesso em: 19 out. 2021.
- [2] PAGNUSSATT, D. **Você sabe o que é Internet das Coisas (IoT)?** Disponível em: <<https://www.umov.me/o-que-e-internet-das-coisas-iot/>>. Acesso em: 21 out. 2021.
- [3] BABOS, F. **O Que é Internet das Coisas e 13 Exemplos da Tecnologia.** Disponível em: <<https://flaviobabos.com.br/internet-das-coisas/>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- [4] KLEINA, N. **Novo Google Glass pode ser comprado por qualquer pessoa nos EUA.** Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/produto/150038-novo-google-glass-comprado-qual-quer-pessoa-eua.htm>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- [5] METZ, R. **Facebook e Ray-Ban fazem óculos inteligentes que realmente parecem óculos.** Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/facebook-e-ray-ban-fazem-oculos-in-teligentes-que-realmente-parecem-oculos/>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- [6] COSTA, A. G. **Xiaomi apresenta óculos inteligentes com telas microLED.** Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/xiaomi-apresenta-oculos-inteligentes-com-telas-microled/>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- [7] MAUER, A. **Arduino Glasses a HMD for Multimeter.** Disponível em: <<https://hacka-day.io/project/12211-arduino-glasses-a-hmd-for-multimeter>>. Acesso em: 19 out. 2021.
- [8] ORACLE. **O Que é Internet of Things (IoT)?** Disponível em: <<https://www.oracle.com/br/in-ternet-of-things/what-is-iot/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- [9] CARDOSO, P., VELOSO, T. **Mensagens e mapas poderão ser vistos na tela de óculos do futuro.** Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2021/09/mensagens-e-mapas-poderao-ser-vistos-na-tela-de-oculos-do-futuro.ghtml>>. Acesso em: 20 out. 2021.
- [10] CHAVES, L. E. **Você conhece a história da Internet das Coisas (IoT)?** Engenharia Híbrida, 12 ago. 2022. Disponível em: <<https://www.engenhariahibrida.com.br/post/historia-internet-das-coisas-iot>>. Acesso em: 10 out. 2023
- [11] GARCIA, M. **A revolução da IoT.** Disponível em: <<https://blog.nec.com.br/a-revolucao-iot>>. Acesso em: 10 out. 2023.

- [12] SAP. **O que é IoT e como funciona?** Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/products/artificial-intelligence/what-is-iot.html>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- [13] BECARE, S. **O caminho promissor da IoT no Brasil.** Disponível em: <<https://organismobrasil.com.br/o-caminho-promissor-da-iot-no-brasil/>>. Acesso em: 11 out. 2023.
- [14] MARQUES, F. **O Brasil da Internet das Coisas.** Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/o-brasil-da-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 11 out. 2023.
- [15] MAISLAUDO. **IoT na medicina: exemplos de como a Internet das Coisas avança na área da saúde.** Disponível em: <<https://maislaudo.com.br/blog/iot-na-medicina/>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- [16] MENDES, L. G. **5 formas de aproveitar a Internet das Coisas na agricultura e tornar sua fazenda mais rentável.** Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/internet-das-coisas-na-agricultura/>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- [17] CORPORATIVA, I. **O que é a IIoT? Descubra a Internet Industrial das Coisas.** Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-e-iiot>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- [18] SAP. **O que é a Internet das Coisas Industrial (IIoT)?** Disponível em: <<https://www.sap.com/brazil/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html>>. Acesso em: 12 out. 2023.
- [19] FERNANDES, D. **Tecnologias vestíveis – conheça um pouco mais sobre o assunto.** Disponível em: <<https://www.people.com.br/noticias/tecnologia/tecnologias-vestiveis-conheca-um-pouco-mais-sobre-o-assunto>>. Acesso em: 13 out. 2023.
- [20] MANNLAB. **EyeTap.** Disponível em: <<https://mannlab.com/eyetap>>. Acesso em: 14 out. 2023.
- [21] WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. **Project Glass.** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Project_Glass&oldid=65142577>. Acesso em: 14 out. 2023.
- [22] QUEIROZ, O. **Conheça as tendências de smart glasses que vão dominar o mercado em 2022.** Disponível em: <<https://www.showmetech.com.br/principais-tendencias-de-smart-glasses-2022/>>. Acesso em: 15 out. 2023.
- [23] WAGNER, P. **“Sorria, estou te filmando”: Xiaomi lança óculos com câmera de 50 MP.** Disponível em: <<https://tecnoblog.net/noticias/2022/08/01/sorria-estou-te-filmando-xiaomi-lanca-oculos-com-camera-de-50-mp/>>. Acesso em: 15 out. 2023.

- [24] CURTOCIRCUITO. **Conhecendo o ESP32**. Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/conhecendo-esp32>>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [25] ELETROGATE. **Guia Completo do Display OLED (parte 1) - O que é? Como funciona?** Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-oled-parte-1-o-que-e-como-funciona-2/>>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [26] ELETROGATE. **Guia Completo do Display OLED (parte 2) - Como programar**. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-oled-parte-2-como-programar-3/>>. Acesso em: 22 out. 2023
- [27] P-IST, R. **Carga Baterias**. Disponível em: <<https://www.electronica-pt.com/carga-baterias>>. Acesso em: 22 out. 2023
- [28] ADDICORE. **TP4056 / TC4056A lithium battery charger and protection module**. Disponível em: <<https://www.addicore.com/products/tp4056-tc4056a-lithium-battery-charger-and-protection-module>>. Acesso em: 22 out. 2023.
- [29] MEKANUS. **Módulo Arduino Dc Step-up Conversor Regulador Mt3608 Pic Arm**. Disponível em: <https://www.lojamekanus.com.br/MLB-1048121123-modulo-arduino-dc-step-up-conversor-regulador-mt3608-pic-arm-_JM>. Acesso em: 30 out. 2023.
- [30] SOUZA, F. **Comunicação I2C**. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/comunicacao-i2c/>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- [31] HELERBROCK, R. **Lentes esféricas: propriedades, fórmulas, exercícios - Mundo Educação**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/lentes-esfericas.htm>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- [32] DA SILVA JÚNIOR, J. S. **Formação de imagens nas lentes esféricas**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/formacao-imagens-nas-lentes-esfericas.htm>>. Acesso em: 31 out. 2023.
- [33] CIA, A. E. **Como usar o WifiManager com ESP32 e ESP8266**. Disponível em: <<https://www.arduinoecia.com.br/como-usar-o-wifimanager-com-esp32-e-esp8266/>>. Acesso em: 1 nov. 2023.
- [34] SANTOS, R. **ESP32 MQTT publish subscribe with Arduino IDE**. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp32-mqtt-publish-subscribe-arduino-ide/>>. Acesso em: 1 nov. 2023.
- [35] TAO, D. **MQTT on ESP32: A beginner's guide**. Disponível em: <<https://www.emqx.com/en/blog/esp32-connects-to-the-free-public-mqtt-broker>>. Acesso em: 1 nov. 2023.
- [36] BARROS, M. **MQTT - Protocolos para IoT**. Disponível em: <<https://embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>>. Acesso em: 1 nov. 2023.

[37] HIVEMQ. **HiveMQ Dashboard**. Disponível em: <<https://www.mqtt-dashboard.com>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

[38] ELETROGATE. **Sensor Ultrassônico HC-SR04 com Arduino**. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/sensor-ultrassonico-hc-sr04-com-arduino/>>. Acesso em: 3 nov. 2023.

[39] ELETROGATE. **Sensor de Gases Inflamáveis com Arduino**. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/sistema-anti-incendia-sensor-de-gases-inflamaveis-com-arduino/>>. Acesso em: 3 nov. 2023.

[40] CASTRO, L. **Entendendo o protocolo I2C**. Disponível em: <<https://blog.arduinoomega.com/entendo-o-protocolo-i2c/>>. Acesso em: 3 nov. 2023.

[41] ASHTON, K. **Kevin Ashton**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/in/kevinjashton/>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

[42] ROMKEY, J. **John Romkey**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/in/romkey/>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

[43] ALCHETRON. **Simon Hackett**. Disponível em: <<https://alchetron.com/Simon-Hackett>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

[44] CEABAD. **Comercialización de los servicios de conectividad para IoT**. Disponível em: <<https://ceabad.com/2020/09/22/comercializacion-de-los-servicios-de-conectividad-para-iot/>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

[45] COPEMA, P. **Automação residencial: imóvel inteligente e conectado**. Disponível em: <<https://copema.com.br/blog/automacao-residencial-imovel-inteligente-e-conectado/>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

[46] ALOO, P. P. **Blog Aloo**. Disponível em: <<https://blog.aloo.com.br/iot-na-medicina/>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

[47] WIKIFARMER. **Quais são as principais tecnologias e aplicações da agricultura de precisão?** Disponível em: <<https://wikifarmer.com/pt-br/quais-sao-as-principais-tecnologias-e-aplicacoes-da-agricultura-de-precisao/>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

[48] TEKNIKER. **Industria 4.0: Sensórica e IoT para mejorar la eficiencia productiva**. Disponível em: <<https://www.tekniker.es/es/industria-40-sensorica-e-iot-para-mejorar-la-eficiencia-productiva>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

[49] CEMBRANELLI, F. **Os wearables vieram para ficar! Por que você deveria usá-los?** Disponível em: <<https://startupsaude.com/os-wearables-vieram-para-ficar-e-voce-devia-usa-los/HHUB.TECH>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

[50] BOSE. **Sport Bluetooth sunglasses**. Disponível em: <<https://www.bose.com/p/headphones/bose-frames-tempo/TEMPO-FRAMES.html>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

- [51] META. **Meta Quest 3 será lançado este ano e o Quest 2 terá preços mais baixos e melhor desempenho.** Disponível em: <<https://about.fb.com/br/news/2023/06/meta-quest-3-sera-lancado-este-ano-e-o-quest-2-tera-precos-mais-baixos-e-melhor-desempenho/>>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [52] MICROSOFT. **HoloLens 2.** Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/d/hololens-2/91pnzzznzwcwcp?activetab=pivot:overviewtab>>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [53] SARAVATI. **Placa ESP32 WiFi / Bluetooth DEVKit V1 30 Pinos.** Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/placa-esp32-wifi-bluetooth-devkit-v1-30-pinos.html>>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [54] THOMSEN, A. **Display OLED I2C Azul Amarelo 0.96 Polegadas.** Disponível em: <<https://www.makerhero.com/produto/display-oled-0-96-i2c-azul-amarelo/>>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [55] JOOM. **DC Step Up Regulador de tensão Step-up Boost.** Disponível em: <https://www.joom.com/ptbr/products/5d834a3b1436d40101348bc4?variant_id=5d834a3b1436d40401348bc7>. Acesso em: 14 nov. 2023.
- [56] ZUGALDIA, B. A. **Detail of Google glass.** Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/azugaldia/7457645618>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Link para acesso ao código de programação dos óculos:

<https://drive.google.com/file/d/1Qiy96Be1zrkoDKRzbrVbqL2HpoCX-MbE/view?usp=sharing>



APÊNDICE B

Link para acesso ao código de programação dos sensores:

https://drive.google.com/file/d/1fxXcpV1pYx4Alks2JWpYKddR_voteXo/view?usp=sharing

