

**CENTRO UNIVERSITÁRIO PARAÍSO UNIFAP**  
**ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS**  
**SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

HUGO HUXLEY BATISTA ALVES SANTOS  
ANTÔNIO MARCOS DE ANDRADE  
PEDRO IGOR JANUARIO DA SILVA  
IARLEY FERREIRA CÓRDULA

**AUXÍLIO NA DIFICULDADE ENFRENTADA POR PESSOAS AUTISTAS**  
**EM TRANSPORTES PÚBLICOS: E SUA RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DE**  
**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O CONCEITO DE IOT.**

JUAZEIRO DO NORTE – CE

2025

HUGO HUXLEY BATISTA ALVES SANTOS

ANTÔNIO MARCOS DE ANDRADE

PEDRO IGOR JANUARIO DA SILVA

IARLEY FERREIRA CÓRDULA

**AUXÍLIO NA DIFICULDADE ENFRENTADA POR PESSOAS AUTISTAS  
EM TRANSPORTES PÚBLICOS: E SUA RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E O CONCEITO DE IOT.**

Relatório acadêmico apresentado ao Centro  
Universitário Paraíso – UniFAP, como requisito  
de obtenção de nota na disciplina de Projeto  
Integrador: IoT e cidades Inteligentes.

Orientador: Prof. Fabricio Carneiro Costa

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, aos professores que acompanharam nossa formação ao longo deste percurso, suas orientações foram determinantes para o desenvolvimento deste trabalho. Àqueles que dedicaram tempo ao ensino das normas acadêmicas e da elaboração de trabalhos formais, registro nossa gratidão. Cada contribuição, direta ou indireta, foi essencial para a construção deste projeto.

À fonoaudióloga Edilane Moraes, que revisou todas as informações a respeito do Transtorno do Espectro Autista e a eficácia de uma solução baseada em previsibilidade.

E aos profissionais que dedicam sua carreira à produção e ao compartilhamento de conhecimento em plataformas digitais, ampliando o acesso à informação e fortalecendo a formação de estudantes e pesquisadores de forma acessível e democratizada. O trabalho dessas pessoas sustenta a construção de uma sociedade mais informada, crítica e inclusiva.

“Se realizarmos as nossas ambições em toda a extensão da Agenda, a vida de todos será profundamente melhorada e nosso mundo será transformado.”

Nações Unidas

## RESUMO

A disfunção sensorial no Transtorno do Espectro Autista (TEA) impõe barreiras significativas à inclusão social, uma vez que ambientes públicos, como o transporte, são intensos e imprevisíveis. Tal desafio ressalta a urgência da Meta 11.2 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) da agenda de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU que expõe a necessidade de sistemas de transporte acessíveis e inclusivos para pessoas com deficiência até 2030. Reconhecendo que a reestruturação física total dos ambientes é inviável no curto prazo, o presente projeto usa do mínimo de intervenções possíveis visando alcançar o máximo de impacto. A solução concentra-se em mitigar o estresse sensorial por meio da antecipação, através da implementação de um sistema que utilize o conceito de Internet das Coisas (IoT) para fornecer informações claras, antecipatórias e visuais sobre as rotas dos transportes públicos. Dessa forma, é possível gerenciar o impacto do estímulo sensorial após sua ocorrência, transformando um ambiente caótico em algo mais controlável e previsível.

**Palavras-chave:** autismo; ODS; transporte; IoT; antecipação;

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	14
Figura 2 - Diagrama de Fluxo de Dados.....	21
Figura 3 - Comunicação dos Dispositivos .....	22
Figura 4 - Protótipo Simulado .....	27
Figura 5 - Placa ESP32 .....	28
Figura 6 - Buzzer .....	28
Figura 7 - Sensor Ultrassônico .....	29
Figura 8 - Tela LCD.....	30

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Comportamentos e suas Modalidades Sensoriais.....	13
Quadro 2 - Lista de Requisitos Funcionais.....	16
Quadro 3 - Lista de Requisitos Não Funcionais .....	17
Quadro 4 - Relações de Entrada, Processamento e Saída.....	20
Quadro 5 - Tabelas Identificadas .....	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>ODS</b>	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<b>IoT</b>	Internet das Coisas
<b>LoRa</b>	Long Range (longo alcance)
<b>LoRaWAN</b>	Long Range Wide Area Network (Rede de Longa Distância de Área Ampla)
<b>TEA</b>	Transtorno do Espectro Autista



## SUMÁRIO

1 introdução .....	11
2 Transtorno do Espectro Autista.....	12
2.1 Características da Disfunção Sensorial.....	12
2.2 O Papel do Ambiente Sensorial .....	13
2.3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	14
2.4 Relação da ODS 11 com o Problema .....	15
3 Desenvolvimento Inicial.....	16
3.1 Requisitos Funcionais E NÃO FUNCIONAIS .....	16
3.2 Análise Inicial de Viabilidade Técnica .....	17
3.3 Pesquisa de Mercado .....	18
4 Desenvolvimento aprofundado .....	19
4.1 Entradas, Processamento e Saída.....	19
4.2 Fluxo de Dados .....	20
4.3 Especificação Técnica dos Componentes .....	21
4.3.1 Dispositivo interno (ônibus) .....	21
4.3.2 Dispositivo externo (paradas).....	21
4.3.3 Servidor Back-End .....	22
4.4 Plano de Integração .....	22
4.5 Análise DA Viabilidade DE PRODUÇÃO .....	23
4.6 Especificações do Banco de Dados .....	23
4.6.1 Identificação de tabelas .....	24
4.7 protocolo de comunicação .....	25
4.8 Plano preliminar de Escalabilidade .....	25
4.8.1 Infraestrutura Interna .....	25
4.8.2 Dispositivo.....	26

4.9 Análise de impacto ampliada .....	26
6. Protopipagem do dispositivo .....	27
6.1 PLACA ESP32 .....	27
6.2 BUZZER.....	28
6.3 Sensor ultrassônico .....	29
6.4 tela lcd.....	29
6.5 FUNCIONAMENTO .....	30
6.5.1 As ferramentas (Bibliotecas) .....	30
6.5.2 A memória da rota.....	30
6.6 Fluxo.....	31
6.6.1 O despertar (setup).....	31
6.6.2 A rotina diária (Loop) .....	31
6.6.3 HiveMQ (O Servidor na Nuvem) .....	32
7 referências.....	33

## 1 INTRODUÇÃO

Se tivéssemos computadores capazes de saber tudo o que há para se saber das coisas, usando dados coletados sem nenhuma ajuda nossa, seríamos capazes de rastrear e contabilizar tudo, reduzindo o desperdício, a perda e o custo. Nós saberíamos quando algo precisasse ser repostado, reparado ou recolhido, e quando ele estivesse fresco ou passado do ponto. (RFID Journal, 2009).

O cientista da computação Mark Weiser já evidenciou no passado como um mundo conectado tem como o objetivo o auxílio na vida cotidiana das pessoas através de seus sentidos e falas sem grandes interferências em suas atividades. Mantendo as interações diárias sempre simples e com uma comunicação natural (Weiser, 1991). Com o avanço da computação moderna, a internet vem sendo cada dia mais incorporada nos objetos do dia a dia, aproximando cada vez mais a realidade da população de um mundo fluído e sincronizado, cujas funções básicas do dia a dia sejam cobertas pelas ações em segundo plano de dispositivos focados em diminuir a carga de trabalho física.

Dentre os principais benefícios da automatização e apoio da tecnologia, o auxílio e inclusão de pessoas com deficiência em espaços que antes eles não conseguiam ocupar deixam de ser apenas ideias teóricas e passam a se tornar planejamentos e estratégias reais, diariamente implementadas na sociedade. Usando o mesmo conceito, este projeto foi desenvolvido com o objetivo de gerar ainda mais conforto e inclusão nos transportes públicos. Uma solução capaz de trazer autonomia e confiança na vida de pessoas com transtorno do espectro autista.

## **2 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA**

O transtorno do espectro autista (TEA) é caracterizado pelo déficit de comunicação e interações sociais, assim como pela manifestação de comportamentos incomuns, restritos e repetitivos. Desde a infância, a falta de comunicação da criança com os pais, mesmo sendo capaz de imitar frases de desenhos ou filmes, costuma ser um dos primeiros sinais a causar preocupação em seus responsáveis. Embora o déficit social não seja tão perceptível no começo, o desenvolvimento motor da criança torna as características cada vez mais perceptíveis, principalmente em comparação com outras de mesma idade (JOON, Priya; KUMAR, Anil; PARLE, Milind, 2021).

### **2.1 CARACTERÍSTICAS DA DISFUNÇÃO SENSORIAL**

O autismo é considerado um transtorno heterogêneo, denominado pela existência de diferentes manifestações do quadro. Dois indivíduos, embora dividam o mesmo diagnóstico, não compartilharão as exatas mesmas experiências. Mas suas dificuldades podem ser definidas em grupos medidos de forma confiável e normalmente consistentes através do tempo. (JOON, Priya; KUMAR, Anil; PARLE, Milind, 2021) Dentre as principais, a disfunção sensorial é um desafio constante e muitas vezes limitante na vida dos indivíduos (POSAR, Annio e VISCONTINI, Paola, 2017.). O Quadro 1 a seguir expõe os principais comportamentos relacionados às modalidades sensoriais:

Quadro 1 - Comportamentos e suas Modalidades Sensoriais

Modalidades Sensoriais	Comportamentos Relacionados
Visual	Atração por fontes de luz e coisas que rodam; reconhecimento de expressões prejudicado; incômodo com a cor de alimentos; evitação do olhar.
Auditiva	Surdez aparente, intolerância a alguns sons e emissão de barulhos repetitivos.
Somatossensorial	Tolerância à dor; aparente indiferença a calor ou frio; incômodo com contato físico; atração por superfícies ásperas.
Olfativa	Recusa de alimentos por causa do cheiro.
Paladar	Seletividade alimentar por conta de texturas; exploração bucal de objetos.
Vestibular	Equilíbrio afetado; Movimento interativo de balanço.
Proprioceptiva/cinestésica	Andar na ponta dos pés; falta de coordenação.

Autoria própria baseada em POSAR, Annio e VISCONTINI, Paola, 2017.

Tudo aquilo que causa uma experiência sensorial pode impactar no comportamento da pessoa com autismo. Quando há uma hipersensibilidade, a pessoa percebe os estímulos do ambiente com mais facilidade. Por isso acham luzes e cores muito brilhantes, cheiros muito fortes e barulhos muito altos. Já quem tem hipossensibilidade, precisa de bastante excitação ou esforço para perceber o estímulo. Nesses casos, a pessoa costuma ser mais agitada e tolerante à dor (BRITES, Luciana, 2022).

## 2.2 O PAPEL DO AMBIENTE SENSORIAL

Segundo MANNING, Catherine; WILLIAM, Gemma e MACLENNAN, Keren (2023),

Até o momento, a maioria das pesquisas tem se concentrado nas características de processamento sensorial dos próprios indivíduos autistas [...] com muito menos atenção aos ambientes sensoriais aversivos que impõem demandas tão elevadas ao processamento sensorial de pessoas autistas.

Embora a capacidade individual de pessoas autistas processarem estímulos sensoriais seja um fator relevante para compreensão de suas respostas comportamentais, os autores Manning, William e MacLennan trazem o ambiente sensorial como um fator muito mais relevante do que é considerado. A intensidade luminosa, o nível de ruído, a imprevisibilidade dos estímulos e a ausência de informação clara sobre o que está acontecendo ao redor compõem um cenário que pode ampliar o estresse e reduzir a autonomia desses indivíduos.

## 2.3 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Alterar toda a estrutura de ambientes públicos para torná-los acessíveis e menos estimulantes é uma alternativa que traria benefícios não só para as pessoas autistas, mas também para toda a sociedade. Mas levaria anos de investimento e recursos que atualmente não são direcionados nem mesmo para áreas mais urgentes. Como a saúde, que enfrentou uma queda de 64% de investimentos nos últimos anos (UOL, 2023), e a segurança, que em 2023 recebeu apenas 1,6% do PIB (FECOMERCIO SP, 2025). Portanto, qualquer alternativa desenvolvida deve se limitar ao mínimo de intervenções e investimentos possíveis, mas que ainda seja capaz de surtir o efeito desejado.

Em setembro de 2015, países membros das nações unidas adotaram uma lista de objetivos de desenvolvimento sustentável como um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir que todas as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e tranquilidade. Planos de conscientização social, criação de leis, desenvolvimento de novas tecnologias e implementação de equipamentos já existentes em larga escala, foram desenvolvidos dentro das 17 categorias diferentes. O objetivo é que todas as metas tenham sido cumpridas até o ano de 2030. (NAÇÕES UNIDAS, 2025).

Figura 1 - Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



NAÇÕES UNIDAS, 2025.

## 2.4 RELAÇÃO DA ODS 11 COM O PROBLEMA

Dentre as metas ainda em aberto, destaca-se a 11.2:

Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos. (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

A quantidade de estímulos sensoriais é não só alta, mas imprevisível. O motor, a carroceria, as pessoas, o trânsito, são todas fontes de indeterminados tipos de estímulos. O que torna uma possível prevenção altamente improvável. Então, supondo que as pessoas autistas irão ser hiper estimuladas, é possível trabalhar em uma solução que os ajude uma vez que o problema já tenha acontecido.

Para pessoas com autismo, rotina e previsibilidade são bússolas que guiam suas jornadas diárias. A antecipação de eventos, rotas e horários trazem a eles segurança, familiaridade, e os ajudam a compreender os objetivos e expectativas ao seu redor; a ilustração torna mais fácil a visualização e compreensão de atividades planejadas; ambientes previsíveis minimizam mudanças bruscas que possam desencadear ansiedade; e avisos prévios de mudanças iminentes permitem que se ajustem gradualmente a novas situações. Informações claras sobre suas rotas e destinos podem trazer uma sensação de controle mesmo em um ambiente tão conturbado.

### 3 DESENVOLVIMENTO INICIAL

No desenvolvimento inicial, foram conduzidas ações fundamentais para orientar a estruturação do projeto, incluindo a definição preliminar dos requisitos, a análise de viabilidade técnica e uma pesquisa de mercado destinada a identificar demandas reais, soluções existentes e oportunidades de aprimoramento. Essa etapa estabelece a base conceitual e estratégica do trabalho, garantindo que as decisões posteriores sejam sustentadas por dados, critérios objetivos e alinhamento às necessidades identificadas no contexto de aplicação.

#### 3.1 REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS

Para o desenvolvimento do projeto, é indispensável a elaboração uma lista de requisitos funcionais e não funcionais, de modo a estabelecer com precisão as capacidades esperadas do sistema e os critérios de qualidade que orientam sua implementação. Os requisitos encontrados foram evidenciados nos quadros 2 e 3 em sequência:

Quadro 2 - Lista de Requisitos Funcionais

Identificador	Requisito	Descrição	Classificação
RF01	Exibição do Nome da Próxima Parada	O sistema deve mostrar o nome da próxima parada na tela do dispositivo.	Essencial
RF02	Exibição da Distância	O sistema deve calcular e exibir o tempo médio de distância.	Essencial
RF03	Exibição do Tempo Médio	O sistema deve calcular e exibir o tempo médio de distância.	Essencial
RF04	Intermediação Entre o Sistema e os Ônibus.	Outro dispositivo nas paradas deve intermediar a comunicação do ônibus com os servidores.	Essencial
RF05	Exibição dos Ônibus em Direção	O dispositivo intermediário deve mostrar quais ônibus estão indo em direção àquele ponto.	Essencial
RF06	Exibição da Distância e Tempo Médio	O dispositivo intermediário deve calcular e exibir o tempo e a distância do ônibus exibido.	Essencial

Autoria própria.



Quadro 3 - Lista de Requisitos Não Funcionais

Identificador	Requisito	Descrição	Classificação
RNF01	Conteúdo	As telas devem ter uma resolução mínima e um brilho suficiente para serem vistas em diferentes condições de luz. Também devem ser resistentes a vibrações e impactos.	Essencial
RNF02	Visibilidade	O conteúdo exibido deve ter pouca informação.	Essencial
RNF03	Pouca Informação	A informação exibida, embora sucinta, deve ser clara.	Essencial
RNF04	Clareza de Informação	Os dispositivos devem funcionar enquanto os ônibus estiverem em circulação.	Essencial
RNF05	Disponibilidade	Os dispositivos devem funcionar enquanto os ônibus estiverem em circulação.	Essencial
RNF06	Atualização Constante	As informações sobre os ônibus e rotas devem estar sempre atualizados.	Essencial
RNF07	Segurança	A comunicação entre os dispositivos deve ser monitorada para identificar ameaças.	Essencial

Autoria própria.

### 3.2 ANÁLISE INICIAL DE VIABILIDADE TÉCNICA

Telas instaladas nos ônibus terão como finalidade apresentar o nome da próxima parada, a distância restante e o tempo médio até o destino, oferecendo ao passageiro informações essenciais para orientação durante o trajeto. Para isso, considera-se a utilização de painéis eletrônicos em LED semelhantes aos já presentes na parte externa dos veículos, conectados a um dispositivo capaz de atualizar o conteúdo exibido.

Telas situadas nas paradas, que atuarão como intermediadoras do sistema, têm a função de exibir dados atualizados sobre a localização, distância e tempo estimado dos ônibus que se aproximam, além de realizar a sincronização entre os dispositivos embarcados e os servidores. Sua viabilidade envolve o uso de painéis em LED conectados à internet, capazes de atualizar dinamicamente o conteúdo apresentado.

A infraestrutura interna, responsável por sustentar todo o funcionamento do projeto, ocorrerá em plataformas de computação em nuvem, como AWS, Google Cloud ou Microsoft Azure, que oferecem recursos adequados para a comunicação entre os dispositivos e o

armazenamento dos dados. A complexidade dessa etapa se concentra na necessidade de um servidor capaz de processar grandes volumes de informação em tempo real, assegurando atualizações constantes, bem como de mecanismos robustos e seguros para a importação, organização e gestão das rotas operacionais.

### 3.3 PESQUISA DE MERCADO

Em trens, visores instalados exibem informações sobre a próxima estação como parte do chamado “Passenger Information System”, que tem como principal função oferecer ao passageiro informações em tempo real sobre o deslocamento do trem, pela falta de referencial subterrâneo (ISARSOFT, 2025). Do ponto de vista técnico, esses visores podem ser de diferentes tipos: painéis de LED mais simples, comuns em composições antigas, ou telas LCD/TFT de alta resolução, que permitem exibir mapas dinâmicos e mensagens multimídia. A atualização das informações ocorre a partir da integração com sistemas de controle do trem, combinando dados de posição (odometria, balizas e, em alguns casos, GPS) com os servidores de bordo e o centro de controle operacional.

Mas em ônibus, sistemas parecidos ainda não foram implantados em escala nacional. Os passageiros se guiam através da própria experiência de navegação pela cidade, já que os letreiros usados na parte exterior dizem apenas o bairro em que o ônibus passa.

## 4 DESENVOLVIMENTO APROFUNDADO

Após a finalização do planejamento inicial, nossa equipe organizou a distribuição das atividades subsequentes de forma a otimizar o andamento do projeto. Foi estabelecida uma divisão equilibrada das responsabilidades, contemplando a elaboração da relação de entrada, processamento e saída, o desenvolvimento do fluxo de dados, a definição das especificações técnicas dos componentes e o delineamento do plano de integração. Também foram realizadas a análise final de viabilidade, a estruturação preliminar do banco de dados com identificação de tabelas, a definição do protocolo de comunicação, o plano inicial de escalabilidade e a caracterização do dispositivo e de seu sistema interno. Além disso, foram desenvolvidas a análise ampliada de impacto e a prototipagem do dispositivo, incluindo representação do circuito e vistas esquemáticas.

A coordenação das atividades ocorreu por meio de comunicação contínua entre os integrantes, utilizando ferramentas digitais de mensagens e colaboração, de modo a assegurar alinhamento, registro das decisões e cumprimento dos prazos estabelecidos na agenda definida pelo grupo.

### 4.1 ENTRADAS, PROCESSAMENTO E SAÍDA

A elaboração da relação de entrada, processamento e saída foi conduzida como uma etapa fundamental para estruturar a lógica geral do sistema. Primeiro, identificaram-se os elementos e informações que deveriam ser capturados pelo dispositivo ou pelo usuário, compondo o conjunto de entradas relevantes ao funcionamento pretendido. Em seguida, definiu-se como esses dados seriam tratados internamente, considerando transformações, filtrações, verificações e demais operações necessárias para gerar resultados consistentes. Por fim, foram estabelecidas as saídas, entendidas como as respostas produzidas pelo sistema após o processamento, sejam elas sinais, notificações, registros ou qualquer outro tipo de retorno. Essa organização permitiu visualizar o fluxo central do projeto de forma clara, garantindo que cada etapa estivesse logicamente conectada e tecnicamente viável para o desenvolvimento posterior. Organização ilustrada no quadro 4 a seguir:

Quadro 4 - Relações de Entrada, Processamento e Saída

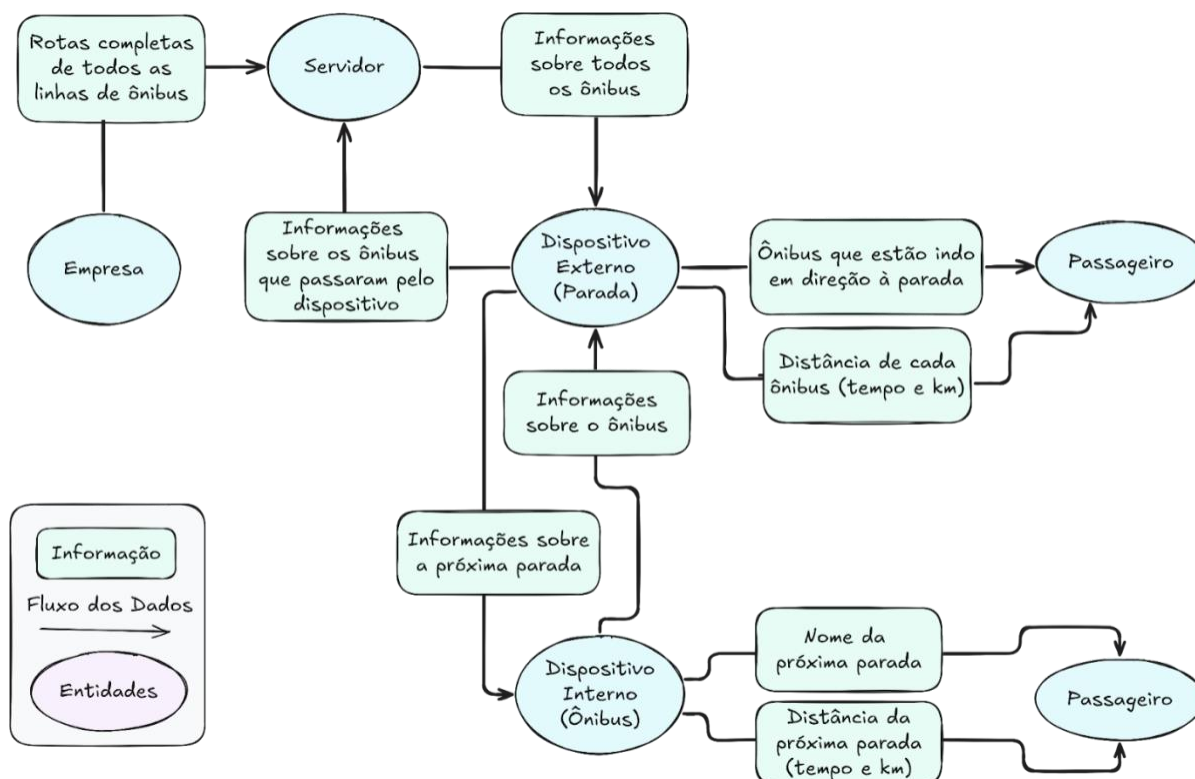
Funcionalidade	Entrada	Processamento	Saída
Exibir nome da próxima parada	Dados do trajeto do ônibus	Comparação da localização do ônibus com as paradas da rota	Exibir o nome da parada no letreiro
Exibir distância até a próxima parada	Dados do trajeto do ônibus	Cálculo da distância com base na rota	Distância exibida do próximo ponto no letreiro
Exibir estimativa de tempo até a próxima parada	Distância da próxima parada e velocidade do ônibus	Cálculo baseado na distância e velocidade do ônibus	Estimativa de tempo exibida no letreiro
Sincronização de Dados	Dados do ônibus	Enviar dados recebidos para os servidores	Sincronização de informações
Exibição dos ônibus que estão a caminho da parada	Dados das rotas dos ônibus	Filtrar os ônibus mais perto	Lista de ônibus filtrada
Exibir tempo e distância dos ônibus nas paradas	Dados das rotas dos ônibus e velocidade do ônibus	Cálculo para verificar distância e tempo	Distância e tempo de cada ônibus

Autoria Própria.

#### 4.2 FLUXO DE DADOS

A elaboração do diagrama de fluxo de dados visou apenas representar, de maneira clara e resumida, o caminho percorrido pelas informações dentro do sistema. Nesse processo, definiram-se os pontos de entrada, as transformações básicas e os destinos dos dados, permitindo visualizar a lógica geral do funcionamento sem detalhamentos técnicos específicos. Todo o fluxo é ilustrado na Figura 2 em seguida:

Figura 2 - Diagrama de Fluxo de Dados



Autoria própria.

## 4.3 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS COMPONENTES

### 4.3.1 Dispositivo interno (ônibus)

O dispositivo interno do ônibus será feito com uma placa Arduino (ou ESP32), conectado a um painel letreiro Led que exibirá o nome da próxima parada, sua distância e tempo estimado. A comunicação com o dispositivo da parada será feita através de um módulo LoRa, permitindo a troca de dados sem necessidade de internet. A alimentação do sistema será feita pela própria rede elétrica do ônibus, com um regulador de tensão para garantir o funcionamento estável dos componentes.

### 4.3.2 Dispositivo externo (paradas)

O dispositivo intermediador, instalado nas paradas, será desenvolvido com a mesma placa escolhida, conectado a um painel letreiro Led que exibirá a lista de ônibus que estão se aproximando, assim como sua distância e tempo estimado. A intermediação da comunicação do

dispositivo interno com os servidores será feita através de um módulo LoRa, para se comunicar com os ônibus, e um módulo 4G, para a troca de informações através da internet. A alimentação do dispositivo será feita através de uma fonte de energia local. Como ilustrado no Figura 3:

Figura 3 - Comunicação dos Dispositivos



Autoria própria.

#### 4.3.3 Servidor Back-End

Quando se trata de economia e escalabilidade, servidores em nuvem como a AWS (Amazon Web Services) se destacam por possibilitarem o uso de infraestrutura por demanda. A AWS, respectivamente, oferece serviços para IoT (Internet das Coisas) capazes de gerenciar dados de bilhões de dispositivos. Dentre os diversos serviços oferecidos, destacam-se:

1. **AWS IoT Core:** A capacidade de conectar dispositivos de IoT à AWS sem a necessidade de provisionar ou gerenciar servidores.
2. **AWS IoT Device Defender:** Ferramentas de identificação e resposta a problemas de segurança em escala. Que continuamente monitoram os dispositivos para encontrar e alertar sobre qualquer comportamento anormal dentro da rede, além de oferecer ações integradas de controle de danos.
3. **AWS IoT Device Management:** Um serviço que facilita o registro, organização, monitoramento e gerenciamento remoto de dispositivos IoT.

#### 4.4 PLANO DE INTEGRAÇÃO

O planejamento prevê a comunicação contínua dos dispositivos instalados na frente do ônibus, em um ângulo de fácil visualização para pessoas em assentos preferenciais, com os intermediadores instalados em áreas cobertas nas paradas espalhadas por todo o percurso da viagem.

#### 4.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO

O investimento inicial em hardware apresenta-se como um entrave significativo, uma vez que a solução demanda a produção e a circulação imediata de um número elevado de dispositivos, exigindo alto gasto com componentes físicos e mão de obra especializada. Soma-se a isso o investimento inicial em servidores, cujo custo permanece elevado mesmo em infraestrutura de nuvem, especialmente diante do processamento contínuo de grandes volumes de dados, da necessidade de alta disponibilidade e dos requisitos de segurança inerentes a uma solução IoT em larga escala. Além desses aspectos financeiros, verificou-se a ausência de perspectiva de lucro direto, uma vez que o sistema foi concebido prioritariamente para apoiar pessoas autistas, não tendo sido projetado como produto comercial. Diante dessas limitações, a alternativa mais viável envolve a busca por financiamento externo, seja por meio de terceiros ou pelo envolvimento do poder público como agente de implementação e sustentação financeira.

#### 4.6 ESPECIFICAÇÕES DO BANCO DE DADOS

A definição inicial do banco de dados foi conduzida como uma etapa destinada a organizar, de forma estruturada, as informações que o sistema deverá armazenar e manipular. Nessa fase, buscou-se identificar quais dados seriam relevantes para o funcionamento previsto, bem como a melhor forma de agrupá-los, relacioná-los e mantê-los consistentes ao longo do uso. O planejamento concentrou-se em estabelecer uma arquitetura simples e coerente, capaz de atender às necessidades do projeto sem detalhamentos técnicos aprofundados. Essa organização preliminar permitiu visualizar a base informacional do sistema e orientar decisões posteriores de modelagem e implementação.

#### 4.6.1 Identificação de tabelas

O quadro 5 exibe as tabelas identificadas no processo:

Quadro 5 - Tabelas Identificadas

Tabela	Coluna	Tipo	Descrição
Ônibus	id_onibus	SERIAL	Identificador único do veículo.
	id_rota	INT	Identificador da rota do ônibus.
	nome_onibus	VARCHAR(100)	Nome do ônibus.
	id_ultima_parada	INT	Identificador da última parada do ônibus.
	id_proxima_parada	INT	Identificador da próxima parada do ônibus.
Linhas de Ônibus	id_linha	SERIAL	Identificador das linhas dos ônibus.
	nome_linha	VARCHAR(100)	Nome da linha do ônibus.
	veiculos_totais	INT	Quantidade de veículos totais.
	veiculos_circulando	INT	Quantidade de veículos em circulação.
Paradas	id_parada	SERIAL	Identificador único da parada.
	nome_parada	VARCHAR(100)	Nome da parada.
	localizacao_parada	VARCHAR(255)	Localização da parada.
Rotas	id_rota	SERIAL	Identificador único da rota.
	quantidade_paradas	INT	Identificador da quantidade de paradas.
	id_parada1 (2, 3, 4...)	INT	Identificador da parada N. (1°, 2°, 3°, 4° ...).
	metros_1_2 (2_3, 3_4...)	NUMERIC(10,2)	Distância até a próxima parada em metros.
	minutos_1_2 (2_3, 3_4...)	INT	Distância até a próxima parada em minutos.

Autoria Própria.



## 4.7 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Será utilizado a tecnologia LoRa, que é uma solução de comunicação que permite a transmissão de dados a longas distâncias por meio da modulação de radiofrequência. Essa tecnologia é especialmente adequada para a transmissão de pequenos pacotes de dados em ambientes com baixa largura de banda. Juntamente com o protocolo LoRaWAN, que atua como um protocolo de camada de rede, possibilitando o estabelecimento de comunicação entre dispositivos finais e um servidor de rede LoRaWAN.

Nesse contexto, LoRaWAN será usado para conectar dispositivos IoT, permitindo o envio de pequenos pacotes de dados para gateways. Esses gateways capturam os sinais de rádio LoRa e convertem os pacotes de dados para um formato de protocolo IP, retransmitindo-os para o servidor de rede. O servidor de rede, por sua vez, recebe esses dados e os encaminha para o servidor de aplicação. Além disso, o servidor de rede também pode enviar dados de volta para os dispositivos através dos gateways.

Os dispositivos usados serão da Classe C, o que significa que eles podem receber mensagens do servidor quase em tempo real. Essa classe de dispositivos está sempre pronta para receber mensagens a qualquer momento, garantindo uma comunicação eficiente e responsiva.

## 4.8 PLANO PRELIMINAR DE ESCALABILIDADE

### 4.8.1 Infraestrutura Interna

Na infraestrutura interna, será usado escalonamento híbrido (tanto vertical quanto horizontal), que consiste em aumentar os recursos dos servidores, como CPU, armazenamento e RAM, além de adicionar mais servidores. Essa estratégia visa atender à demanda de múltiplos usuários simultaneamente, considerando que essa demanda será alta e distribuída em vários locais. Além disso, será adotado uma arquitetura stateless, na qual os dados serão armazenados em um banco de dados centralizado, garantindo que, ao acessar qualquer servidor, as informações do usuário não fiquem restritas a uma única instância específica. No entanto, essa

abordagem traz maior complexidade e pode resultar em custos elevados, tanto pelo aumento dos recursos e quantidade de servidores quanto pelo uso de bancos de dados externos.

#### **4.8.2 Dispositivo**

A escalabilidade do sistema IoT está diretamente relacionada ao uso de componentes baratos e de fácil implementação, o que facilita a implantação em larga escala. Dessa forma, não só se simplifica a substituição de componentes, como também se permitem futuras atualizações sem a necessidade de atualizar todo o sistema, garantindo excelente custo-benefício e maior flexibilidade.

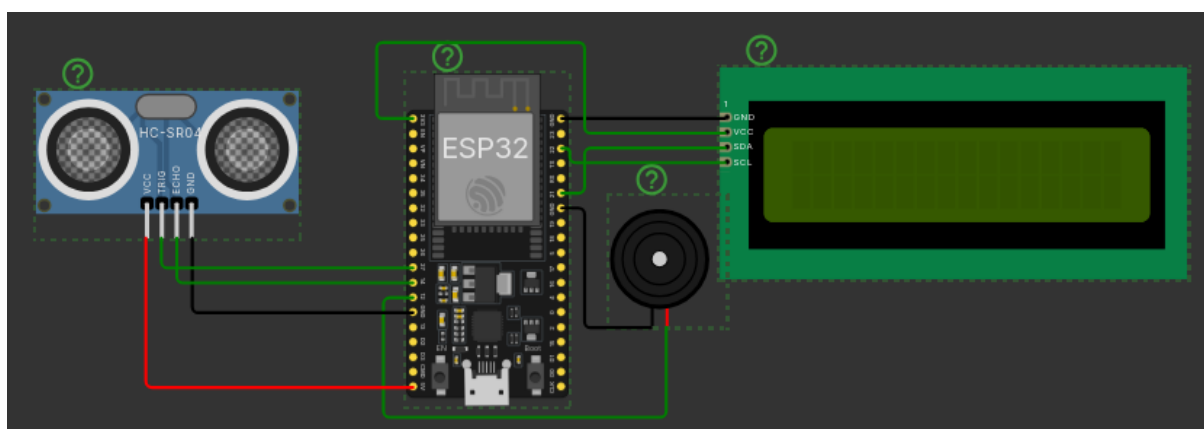
#### **4.9 ANÁLISE DE IMPACTO AMPLIADA**

O dispositivo atua como um importante mediador de crises, ao oferecer informações claras e contínuas sobre o trajeto. Essa previsibilidade proporciona ao passageiro maior segurança e controle sobre o ambiente, permitindo que antecipe o momento de desembarcar e compreenda o percurso em tempo real, reduzindo a incerteza e o estresse associados ao deslocamento. No cotidiano, essa tecnologia também contribui para o fortalecimento da autonomia e para a diminuição da necessidade de apoio externo, tornando o ato de utilizar o transporte público uma experiência mais tranquila e organizada. O sistema auxilia na manutenção do equilíbrio emocional, promovendo uma rotina mais estável e menos desgastante. Em longo prazo, tais recursos podem ampliar as oportunidades de inserção social e profissional, ao facilitar o acesso a espaços de estudo, trabalho e convivência, reforçando o papel da tecnologia como ferramenta de inclusão e acessibilidade urbana.

## 6. PROTOPIGAGEM DO DISPOSITIVO

A elaboração de um protótipo inicial funcional teve como objetivo materializar, de forma simplificada, os principais comportamentos previstos para o sistema. Nessa etapa, buscou-se criar uma versão preliminar que permitisse testar conceitos, validar a lógica básica de operação e observar a interação entre os componentes essenciais. O protótipo não teve a intenção de representar o produto, mas sim de fornecer uma primeira estrutura prática capaz de demonstrar o funcionamento geral da solução e orientar os ajustes necessários para o desenvolvimento subsequente. A Figura 4 mostra a simulação digital do protótipo:

Figura 4 - Protótipo Simulado



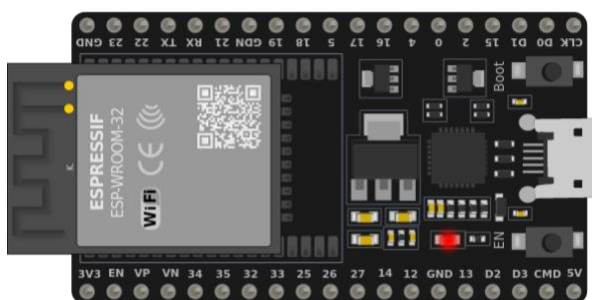
Captura do site de prototipagem Wokwi.

### 6.1 PLACA ESP32

A placa ESP32 foi utilizada como componente central do protótipo por atuar como o “cérebro” do sistema, funcionando como um minicomputador responsável por armazenar o código e controlar os demais elementos de hardware. Sua escolha ocorreu em detrimento de alternativas como o Arduino devido à presença integrada de conectividade Wi-Fi, requisito indispensável para a simulação de um ambiente semelhante ao de um ônibus moderno que necessita transmitir dados para a internet em tempo real. Nesse contexto, a descrição dos componentes físicos adotados e de suas respectivas funções permitiu justificar tecnicamente a seleção do hardware empregado no projeto.

A Figura X trás uma visualização de uma placa ESP32:

Figura 5 - Placa ESP32



Captura do site de prototipagem Wokwi.

## 6.2 BUZZER

Além da placa central, o protótipo incorporou também um buzzer, um pequeno alto-falante capaz de emitir um som simples de “bip”, utilizado como mecanismo de feedback imediato. Esse componente passou a atuar como confirmação sonora do sistema: sempre que uma mudança de parada é registrada pelo dispositivo principal, o buzzer emite o alerta, assegurando que a atualização foi processada corretamente e mantendo a coerência funcional com a lógica já estabelecida no hardware. Na imagem 6 em seguida é possível visualizar o componente isoladamente:

Figura 6 - Buzzer



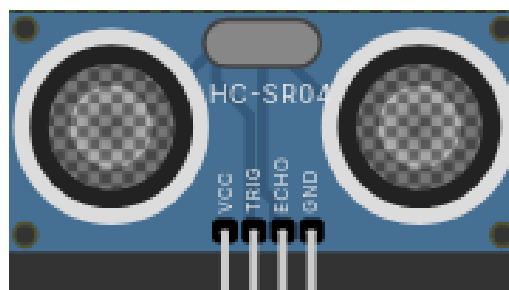
Captura do site de prototipagem Wokwi.

### 6.3 SENSOR ULTRASSÔNICO

O sensor ultrassônico foi utilizado como o “olho” do protótipo, atuando na medição de distância por meio de ondas sonoras, de modo semelhante ao mecanismo de ecolocalização. Ele emite um sinal e calcula o tempo que o eco leva para retornar, permitindo identificar a aproximação de objetos. No contexto do projeto, esse recurso foi empregado para simular a detecção da chegada à parada: quando o sensor identifica a presença de uma estrutura próxima, transmite ao sistema o indicativo de que o ponto foi alcançado.

A Figura 7 a seguir exibe o Sensor Ultrassônico isoladamente:

Figura 7 - Sensor Ultrassônico



Captura do site de prototipagem Wokwi

### 6.4 TELA LCD

A tela LCD 16x2 foi integrada ao protótipo como o painel visual do sistema, permitindo exibir textos e números de forma simples e direta. Equipada com um módulo I2C acoplado à parte traseira, a tela reduz a quantidade de conexões necessárias, facilitando a montagem e a comunicação com a placa principal. No projeto, ela desempenha o papel de painel de avisos, apresentando ao motorista e aos passageiros a parada atual e a próxima, garantindo uma sinalização clara e acessível durante o funcionamento do dispositivo.

Na Figura 8 a seguir é possível visualizar o componente isoladamente:

Figura 8 - Tela LCD



Captura do site de prototipagem Wokwi.

## 6.5 FUNCIONAMENTO

O funcionamento do software baseia-se em um conjunto de instruções programadas para orientar o comportamento do ESP32. Esse código é executado de forma contínua, estruturado em etapas que organizam a conexão com a rede, a interpretação dos sensores, o envio de informações e a atualização dos elementos do dispositivo, permitindo que o sistema opere de maneira estável e coerente com as funções definidas.

### 6.5.1 As ferramentas (Bibliotecas)

A implementação do código utilizou bibliotecas que fornecem funcionalidades essenciais ao sistema. A biblioteca de Wi-Fi possibilita a conexão do dispositivo à rede sem fio; a biblioteca MQTT, empregada por meio do cliente PubSubClient, permite a troca de mensagens de forma leve e eficiente com o servidor responsável pela distribuição dos dados; e o formato JSON foi adotado para estruturar as informações transmitidas, garantindo organização e fácil interpretação pelo sistema que recebe os dados.

### 6.5.2 A memória da rota

Para que o funcionamento seja consistente, o dispositivo utiliza uma lista previamente definida de paradas, armazenada em sua memória. Essa lista contém informações como nome, distância e tempo estimado, permitindo que o sistema siga uma ordem fixa e não dependa de decisões aleatórias durante a simulação do trajeto.

## 6.6 FLUXO

O fluxo do programa representa o caminho lógico que o sistema percorre desde o momento em que é ligado até o funcionamento contínuo durante todo o trajeto. Ele define como o ESP32 inicia seus componentes, estabelece conexões essenciais e passa a monitorar os eventos do ambiente, reagindo a cada situação de acordo com as regras previamente programadas. Esse fluxo combina ações únicas, realizadas apenas ao iniciar, com um ciclo repetitivo que analisa constantemente as condições ao redor, garantindo que o ônibus virtual avance corretamente pelas paradas, atualize as informações exibidas e envie dados para a nuvem sempre que necessário. É esse encadeamento de etapas que permite ao sistema operar de forma autônoma, responsiva e organizada, simulando o comportamento de um veículo inteligente em movimento.

### 6.6.1 O despertar (setup)

No momento inicial de funcionamento, o dispositivo executa apenas uma vez as configurações básicas necessárias à operação. Essa etapa inclui a inicialização dos sensores, da tela e do buzzer, a ativação do display com uma mensagem introdutória, a tentativa de conexão com a rede Wi-Fi e o estabelecimento de comunicação com o servidor MQTT utilizado para o envio das informações. Também é enviada uma primeira mensagem à nuvem, indicando o início do processo e a posição inicial no trajeto.

### 6.6.2 A rotina diária (Loop)

Após a etapa inicial, o sistema entra em um ciclo contínuo que organiza sua dinâmica operacional. A cada repetição, verifica-se o estado da conexão com a internet e, se necessário, realiza-se nova tentativa de reconexão. Em seguida, o sensor mede a distância frontal, permitindo que o dispositivo decida se uma parada foi alcançada ou se o trajeto está livre. Quando a distância indica a aproximação de uma parada, o sistema avança para a próxima posição na memória, atualiza o display, aciona o buzzer e envia os dados ao servidor. Se a distância aumenta novamente, o sistema se prepara para detectar a próxima parada. Ao final de cada ciclo, há uma breve pausa antes de retornar ao início da rotina.

### **6.6.3 HiveMQ (O Servidor na Nuvem)**

O HiveMQ funciona como o intermediário responsável pela recepção e distribuição dos dados enviados pelo dispositivo. Trata-se de um serviço em nuvem projetado para lidar com mensagens de dispositivos conectados, permitindo que as informações transmitidas pelo ESP32 sejam organizadas e disponibilizadas para o painel de visualização. Dessa forma, os dados deixam de ficar restritos ao hardware e passam a ser acessíveis para acompanhamento externo em tempo real.



## 7 REFERÊNCIAS

- ASHTON, Kevin. **That ‘Internet of Things’ Thing: In the real world, things matter more than ideas.** RFID Journal, 2009. Disponível em: <https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881/>. Acesso em 25 nov, 2025.
- BRITES, Luciana. **Sensibilidades Sensoriais em Crianças Autistas.** NeuroSaber, 2022. Disponível em: <https://institutoneurosaber.com.br/artigos/sensibilidades-sensoriais-em-criancas-autistas-como-lidar/>. Acesso em: 25 de nov, 2025
- FECOMERCIO.SP. **Segurança pública exige estratégia, investimento e presença institucional.** 27 de julho de 2025. Disponível em: <https://www.fecomercio.com.br/noticia/seguranca-publica-exige-estrategia-investimento-e-presenca-institucional-duradoura>. Acesso em: 25 de nov, 2025.
- ISARSOFT. **What is a Passenger Information System (PIS)?** 4 de junho, 2025. Disponível em: <https://www.isarsoft.com/knowledge-hub/pis>. Acesso: 25 de nov, 2025.
- JOON, Priya; KUMAR, Anil; PARLE, Milind. **What is autism?** Pharmacological reports, v. 73, n. 5, p. 1255-1264, 2021.
- MANNING, Catherine; WILLIAM, Gemma; MACLENNAN, Keren. **Sensory-inclusive spaces for autistic people: We need to build the evidence base.** SageJournals, 2023. Disponível em: [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13623613231183541?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%200pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13623613231183541?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed). Acesso em: 25 de nov, 2025.
- NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 15 de setembro de 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- NAÇÕES UNIDAS. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** s.d. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 25 de nov. 2025.
- POSAR, Annio; VISCONTINI, Paola. **Sensory abnormalities in children with autism** SOBRINHO, Wanderlay. **Investimento em saúde pública cai 64% em 11 anos no Brasil, indica estudo.** UOL, 29 de maio 2023. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2023/05/29/investimento-em-saude-cai-no-brasil-orcamento-ministerio-da-saude.htm>. Acesso em: 25 de nov, 2025.
- JORNAL DE PEDIATRIA, 4 de novembro de 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2255553617301854?via%3Dihub>. Acesso em 25 de nov, 2025.
- THE THINGS NETWORK. **What are LoRa and LoRaWAN?** s.d. Disponível em: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>. Acesso em: 25 de nov, 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. **Pessoas autistas adultas evitam a imprevisibilidade na tomada de decisão**. 8 de julho, 2025. Disponível em: <https://www.ufpb.br/cau/pessoas-autistas-adultas-evitam-a-imprevisibilidade-na-tomada-de-decisao/>. Acesso em: 25 de nov, 2025.

WEISER, Mark. The computer for the 21st century. Scientific American. v. 265, n. 3, p. 94–104. 1991.