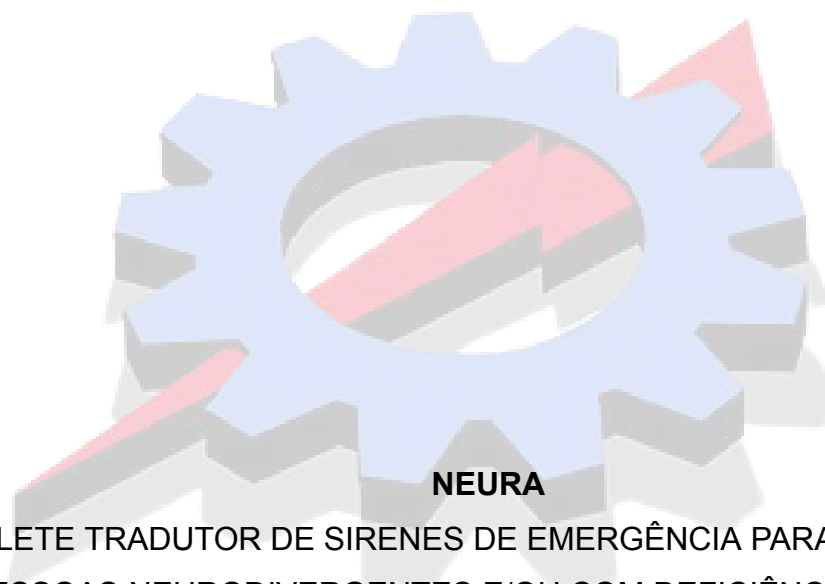


ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



**BRACELETE TRADUTOR DE SIRENES DE EMERGÊNCIA PARA A INCLUSÃO DE
PESSOAS NEURODIVERGENTES E/OU COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA**

BETHINA WENTZ PASSAMANI

GABRIELA THAISE DA SILVA

NATÁLIA BRANDÃO MIRANDA

SÃO LEOPOLDO

2025

BETHINA WENTZ PASSAMANI
GABRIELA THAISE DA SILVA
NATÁLIA BRANDÃO MIRANDA

NEURA

BRACELETE TRADUTOR DE SIRENES DE EMERGÊNCIA PARA A INCLUSÃO DE
PESSOAS NEURODIVERGENTES E/OU COM DEFICIÊNCIA AUDITIVA

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico apresentado ao Curso de
Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual
Frederico Guilherme Schmidt como requisito
para aprovação nas disciplinas do curso sob
orientação do professor Adriano Santos e
coorientação do professor Marcos Rogério
dos Santos Barbosa.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

O projeto consiste no desenvolvimento do NEURA, um dispositivo eletrônico portátil com o objetivo de promover a inclusão e a segurança de pessoas neurodivergentes e/ou com deficiência auditiva. A justificativa desse trabalho se deve ao fato de que pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento como TEA, TPAC e TDC e deficiência auditiva representam uma parcela considerável da população brasileira. O trabalho aborda a dificuldade de percepção e interpretação de sons por pessoas que possuem estas condições, que enfrentam desafios diários em sua autonomia nos espaços em que estão. Consiste em um aparelho, semelhante a um bracelete, que capta a intensidade das ondas sonoras de sirenes de emergência (ambulância e polícia) do ambiente em tempo real que utiliza Arduíno para processamento, o dispositivo converte as ondas sonoras em palavras e estímulos luminosos por meio de um display complementando a informação para o usuário. Com um protótipo funcional, o projeto busca contribuir para trazer mais inclusão para uma vida mais segura e autônoma para seus usuários. Futuramente, será implantado um sensor que reconheça e diferencie a frequência das ondas e pretende-se aumentar a capacidade de reconhecimento de diferentes tipos de sirenes e aprimorar o design do protótipo.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva; Transtornos do neurodesenvolvimento; Acessibilidade; Deficiência Auditiva; Inclusão Social.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduino UNO	23
Figura 2 – Display LCD I2C	24
Figura 3 – Protoboard	24
Figura 4 – Módulo Sensor de Palmas e ruídos	25
Figura 5 - Cabos Jumper	26
Figura 6 - Resistor	26
Figura 7 - Led	27
Figura 8 - Esquema Elétrico	29
Figura 9 - Fluxograma	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da Arte	14
Tabela 2 - Características do Som	18
Tabela 3 - Fenômenos do Som	19
Tabela 4 - Cronograma	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
DSM	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFUSP	Instituto de Física da Universidade de São Paulo
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
TDC	Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TPAC	Transtorno do Processamento Auditivo Central
WFD	World Federation of the Deaf (Federação Mundial de Surdos)

LISTA DE SÍMBOLOS

dB	Decibel
Hz	Hertz
N	Newton
Ω	Ohm
W	Watt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	11
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2. ESTADO DA ARTE	14
2.1 DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DE SINAIS SONOROS PARA SINAIS TÁTEIS VOLTADOS A USUÁRIOS SURDOS	14
2.2 OUVIDO MECÂNICO: UM DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DA PROPAGAÇÃO E TRANSMISSÃO DE UMA ONDA SONORA	15
2.3 APARELHO DE SENSIBILIDADE SONORA PARA SURDOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 SOM	17
3.1.1 ONDA SONORA	17
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DO SOM	18
3.1.3 FENÔMENOS DO SOM	19
3.2 TRANSTORNOS DO NEURODESENVOLVIMENTO	20
3.2.1 TRANSTORNO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL (TPAC)	20
3.2.2 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)	21
3.2.3 TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO (TDC)	21
3.3 DEFICIÊNCIA AUDITIVA	22
3.3.1 TIPOS DE DEFICIÊNCIA AUDITIVA	22
3.3.2 FORMA CONGÊNITA	23
3.3.3 FORMA ADQUIRIDA	23
3.4 COMPONENTES DO SISTEMA	23
3.4.1 ARDUÍNO UNO	23
3.4.2 DISPLAY LCD I2C	24
3.4.3 PROTOBOARD	24
3.4.4 MÓDULO SENSOR DE PALMAS E RUÍDOS	25
3.4.5 CABOS JUMPER	25
3.4.6 RESISTOR	26
3.4.7 LED	26
4. METODOLOGIA	28
4.1 TIPO DE PESQUISA	28
4.2 ESQUEMA ELÉTRICO	29

4.3 PROGRAMAÇÃO	31
4.4 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	31
4.4.1 ARDUÍNO UNO	31
4.4.2 MÓDULO SENSOR DE PALMAS E RUÍDOS	32
4.4.3 DISPLAY LCD I2C	32
4.4.4 PROTOBOARD	32
4.4.5 CABOS JUMPER	32
4.4.6 RESISTOR	32
4.4.7 LED	33
5. CRONOGRAMA	34
6. RECURSOS	35
7. RESULTADOS PARCIAIS	36
REFERÊNCIAS	38
ANEXOS	41

1. INTRODUÇÃO

A deficiência auditiva, conhecida como surdez, afeta milhões de pessoas ao redor do mundo. De acordo com a World Federation of the Deaf (WFD, 2021), cerca de 70 milhões convivem com algum grau de surdez. No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), aproximadamente 5% da população apresenta essa condição, o que representa uma parcela significativa da sociedade que enfrenta desafios diários relacionados à comunicação, interação social e segurança.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2023) define a perda auditiva como a incapacidade de ouvir tão bem quanto uma pessoa com audição normal, considerando como limiar auditivo normal níveis abaixo de 25 decibéis (dB). Acima desse valor, já se caracteriza algum grau de perda. Essa condição pode ser congênita ou adquirida, sendo causada por fatores como envelhecimento, exposição a ruídos intensos, predisposição genética, infecções, doenças crônicas ou uso de medicamentos ototóxicos.

Além da perda auditiva sensorial, existem transtornos do neurodesenvolvimento que afetam a forma como o cérebro interpreta os sons, mesmo com audição periférica normal. O Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC), por exemplo, compromete a capacidade de compreender e localizar sons, principalmente em ambientes ruidosos. Pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) também podem apresentar hipersensibilidade auditiva ou dificuldades na interpretação de sinais sonoros, o que pode gerar crises sensoriais ou desafios na interação social. Nesses casos, a percepção sonora vai além da detecção do som — envolve também sua interpretação e significado.

Considerando essas limitações, este trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico portátil, semelhante a um bracelete, capaz de captar e

processar ondas sonoras de sirenes de ambulâncias e veículos policiais no ambiente em que estão inseridos no seu cotidiano.

O dispositivo apresentará, em tempo real, a identificação de qual som de sirene de emergência (ambulância ou polícia) é. Por meio de um visor digital, os sons serão “traduzidos” em palavras, proporcionando ao usuário uma percepção mais ampla e consciente do ambiente ao seu redor.

A identificação sonora será feita por meio de análise de intensidade e classificação de padrões das ondas sonoras, permitindo que o dispositivo reconheça e interprete os sinais sonoros. Isso contribuirá não apenas para alertas em situações de risco, mas também para uma maior compreensão do contexto auditivo, promovendo segurança, autonomia e inclusão social.

O projeto será desenvolvido com Arduíno, escolhido por sua acessibilidade e versatilidade. O design do dispositivo foi pensado para garantir conforto, descrição e aceitação pelo público-alvo. Além disso, serão observados os requisitos legais e normativos, como os da ANATEL, assegurando que o produto atenda às exigências de segurança, eficácia e compatibilidade eletromagnética.

Dessa forma, este trabalho busca unir tecnologia, acessibilidade e inovação para transformar som em informação e ruído em consciência, contribuindo para uma vida mais segura, autônoma e inclusiva para pessoas com deficiência auditiva.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Dispositivo de detecção de ondas sonoras de sirenes de emergência, com o objetivo de alertar pessoas com transtornos do desenvolvimento (TEA, TPAC e TDC) e/ou com deficiência auditiva sobre sons que possam alertar sobre algum perigo.

1.2 PROBLEMA

É possível criar um dispositivo que capta e nomeia ondas sonoras de sirenes de emergência para orientar e ajudar socialmente pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento (TEA, TPAC e TDC) e/ou com deficiência auditiva?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dispositivo que auxiliará pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento (TEA, TPAC e TDC) e/ou com deficiência auditiva com um dispositivo tradutor de sirenes de emergência (ambulância e veículo policial), proporcionando-lhes uma representação visual e luminosa de eventos sonoros críticos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar e selecionar sensores de sons adequados para a detecção de ondas sonoras.
- Implementar um circuito eletrônico capaz de processar os dados dos sensores, garantindo a interpretação eficiente dos sinais.
- Desenvolver algoritmos para distinguir ruídos no ambiente.
- Construir protótipo funcional do dispositivo.
- Realizar testes de eficácia e precisão do dispositivo, analisando o desempenho em diferentes condições.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente projeto tem como tema central criar um dispositivo tradutor e decodificador de ondas sonoras de sirenes de ambulância e veículos policiais. A escolha desse projeto é motivada pelo fato de pessoas com deficiência auditiva

representarem uma parcela considerável da população brasileira (cerca de 5%), sendo que suas vidas são afetadas de diversas formas por conta disso. A Organização Mundial da Saúde estima que 1 em cada 4 pessoas terão problemas auditivos até 2050, ou seja, aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas (Organização Mundial da Saúde, 2021). Além disso, O censo de 2022 do IBGE identificou 2,4 milhões de pessoas com TEA no Brasil, estas condições podem levar ao isolamento social, dificuldades educacionais, profissionais e sociais, além de problemas emocionais e psicológicos.

A relevância do tema também se dá pela necessidade de melhorar os recursos disponíveis para a comunidade de pessoas surdas, bem como para a promoção da sua inclusão na sociedade, diante desses dados e estimativas.

Este estudo visa, portanto, fornecer uma contribuição significativa para o campo dos dispositivos que auxiliam as pessoas com deficiência auditiva e transtornos do neurodesenvolvimento, com o potencial de gerar impactos positivos para a sociedade.

2. ESTADO DA ARTE

Tabela 1 - Estado da Arte

Nome do projeto	Autoria	Ano de publicação
Dispositivo de conversão de sinais sonoros para sinais táteis voltados a usuários surdos	Tito Marcos de Moraes Klautau	2023
Ouvido mecânico: Um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora	Hudson Azevedo Errobidart Shirley Takeco Gobaro Sérgio Luiz Piubelli Nádia Cristina Guimarães Errobidart	2014
Aparelho de sensibilidade sonora para surdos	Valdenio da Silva Rocha	2018

Fonte: Os autores

2.1 DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DE SINAIS SONOROS PARA SINAIS TÁTEIS VOLTADOS A USUÁRIOS SURDOS

O artigo intitulado “Dispositivo de conversão de sinais sonoros para sinais táteis voltados a usuários surdos” escrito por Klautau (2023), cuja principal capacidade é converter sons em sinais táteis de forma a oferecer maior percepção dos sons para pessoas surdas, utilizando sensores de som e os convertendo em sinais táteis.

No entanto o NEURA, através de sensores de ruídos e palmas, Arduino UNO e display LCD oferece ao usuário do dispositivo a decodificação e tradução das ondas sonoras, diferentemente do dispositivo de conversão de sinais sonoros em sinais táteis, tem como foco principal alertar sobre sons que indiquem alerta ao indivíduo no espaço e o informando o nome do som, assim alertando a pessoa de um possível perigo no espaço em que está inserida, seja algum espaço aberto ou fechado.

2.2 OUVIDO MECÂNICO: UM DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DA PROPAGAÇÃO E TRANSMISSÃO DE UMA ONDA SONORA

Este dispositivo foi desenvolvido com o objetivo de ser um experimento para interpretar ondas sonoras como um ouvido externo, conforme descrevem seus autores (ERROBIDART, 2014) foi construído com o objetivo de ser um ouvido externo para interpretar ondas sonoras para auxiliar o professor a abordar a reflexão, refração e difração de uma onda. O dispositivo tem como objetivo fazer simulações para estudar a propagação, a transmissão e a amplificação do som no ouvido externo e ouvido médio e abordar os efeitos do uso inadequado do fone de ouvido.

A atividade experimental com o ouvido mecânico foi desenvolvida para ser aplicada por um professor com o objetivo de auxiliar o ensino dos conceitos de propagação, refração e difração do som, além de explicar a perturbação que o fone de ouvido causa no conduto auditivo.

O NEURA se diferencia de forma que se destina a uma aplicação prática, já que sua aplicação não é apenas experimental, deste modo, auxiliando pessoas com deficiência auditiva em seu cotidiano, podendo alertar sobre possíveis perigos do cotidiano.

2.3 APARELHO DE SENSIBILIDADE SONORA PARA SURDOS

Este aparelho foi desenvolvido por Rocha (2018) e permite que pessoas com deficiência auditiva tenham a possibilidade de perceber e acompanhar o ritmo de ambientes sonoros de maneira tátil.

Para a realização do projeto foram feitas várias pesquisas sobre o funcionamento das ondas sonoras no ambiente e se os surdos possuem interesse em usar esta tecnologia, a partir disso o pesquisador desenvolveu o projeto.

O NEURA propõe uma leitura, decodificação e tradução de determinados sons para a segurança, inclusão e integração de pessoas no local em que estão inseridas, não só de pessoas com deficiência auditiva, mas também de pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 SOM

De acordo com o dicionário Michaelis (2023) o som pode ser compreendido como: “Fenômeno acústico que consiste na vibração que se propaga num meio elástico, capaz de ser percebida pelo sentido da audição”.

O som é uma onda sonora tridimensional e longitudinal, possui características essenciais como frequência, timbre e intensidade. Podendo sofrer os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência.

3.1.1 ONDA SONORA

Segundo o Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP, 2016): "Uma onda sonora é perturbação mecânica que se propaga através de um meio material, como o ar, a água ou sólidos, devido à vibração de uma fonte sonora. Essa perturbação consiste em variações de pressão que se deslocam na forma de ondas, levando a regiões de compressão e rarefação no meio."

Para que o som seja percebido por um ser humano com audição boa, essas variações precisam atingir o ouvido, que converte as vibrações em sinais elétricos processados pelo cérebro. No entanto, pessoas com deficiência auditiva ou transtornos do neurodesenvolvimento como os que nosso trabalho tem como foco, possuem dificuldade para captar ou interpretar adequadamente esses sons, o que compromete sua segurança e autonomia no ambiente em que estão. Uma onda é caracterizada pelo número de oscilações que completa por segundo (frequência).

3.1.2 CARACTERÍSTICAS DO SOM

Tabela 2 - Características do som

Fonte: Os autores

Característica	Definição
Frequência sonora	A frequência de uma onda sonora é medida em Hz, essa frequência define a sua altura, isto é, quanto maior é a frequência do som, mais agudo, ou alto, esse som é. Ao contrário, sons de baixas frequências são chamados de sons graves, ou baixos.
Timbre	Permite diferenciar sons de mesma altura (frequência) e intensidade, mas que vêm de fontes sonoras diferentes.
Intensidade	A intensidade do som diz respeito à quantidade de energia que a onda sonora transmite. Essa propriedade do som é medida em decibéis: sons intensos são chamados de sons fortes, enquanto os sons de baixa intensidade são chamados de sons fracos.

3.1.3 FENÔMENOS DO SOM

Tabela 3 - Fenômenos do Som

Fonte: Os autores

Fenômeno	Definição
Reflexão	A reflexão de uma onda sonora ocorre quando ela encontra um obstáculo e retorna para o meio de origem de propagação. Isso pode dar origem ao eco e reverberação.
Refração	A refração ocorre quando as ondas mudam de meio de propagação, alterando sua velocidade.
Difração	Difração de ondas é o desvio ou o espalhamento que uma onda apresenta, contornando ou transpondo obstáculos colocados em seu caminho, podendo ocorrer em todos os tipos de ondas.
Interferência	A interferência diz respeito à sobreposição das ondas sonoras, em alguns pontos do espaço, o som produzido por uma ou mais fontes irá sobrepor suas cristas e ondas, produzindo regiões de interferência, podendo ser construtiva ou destrutiva.

3.2 TRANSTORNOS DO NEURODESENVOLVIMENTO

De acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, 5ª edição (DSM-5, 2014) publicado pela Associação Americana de Psiquiatria, os Transtornos do Neurodesenvolvimento são definidos como: "Os transtornos do neurodesenvolvimento são um grupo de condições que surgem durante o período de desenvolvimento infantil e afetam áreas como cognição, comunicação, comportamento social, habilidades motoras e aprendizagem. Essas condições refletem alterações no desenvolvimento cerebral e podem causar prejuízos persistentes ao longo da vida."

A inclusão de pessoas com deficiência auditiva e transtornos do neurodesenvolvimento no ambiente social e educacional demanda soluções que considerem não apenas as limitações sensoriais e cognitivas, mas também as potencialidades de cada indivíduo.

O NEURA é um dispositivo que identifica, traduz e nomeia ondas sonoras de sirenes que indiquem algum perigo, com o objetivo de promover maior acessibilidade e compreensão do ambiente sonoro e consequentemente maior percepção geográfica do espaço para pessoas com deficiência auditiva, Transtorno do Espectro Autista (TEA), Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) e dispraxia.

3.2.1 TRANSTORNO DO PROCESSAMENTO AUDITIVO CENTRAL (TPAC)

O Transtorno do Processamento Auditivo Central (TPAC) ocorre quando as vias centrais da audição, as áreas do cérebro relacionadas às habilidades auditivas, são afetadas, e há uma falha no processamento auditivo. A aprendizagem é particularmente afetada, já que o conteúdo auditivo é muito importante em sala de aula. Cerca de 5% das crianças em idade escolar apresentam o transtorno, de acordo com Associação Americana de Fala, Linguagem e Audição. Não há dados sobre o Brasil.

A consequência é que a criança tem dificuldades de compreender o que lhe dizem, especialmente se for em um local com muito barulho, de manter a atenção, e outras coisas que são consideradas "simples" por pessoas que não são afetadas por essa condição, ou seja, coisas corriqueiras do nosso dia a dia, podem se tornar um verdadeiro desafio.

3.2.2 TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

Alterações sensoriais são uma das características mais prevalentes e desafiadoras do Transtorno do Espectro Autista (TEA). Reconhecidas como um critério diagnóstico no DSM-5, essas alterações podem incluir tanto hipersensibilidade quanto hipossensibilidade a estímulos sensoriais.

Como o autismo afeta cada criança de forma diferente, o transtorno pode afetar sua capacidade de ouvir e processar sons. Há uma variedade de maneiras pelas quais o autismo afeta a audição. Em alguns casos, uma criança pode não ter perda auditiva. Ou pode ter perda auditiva leve, moderada ou significativa, que pode ser corrigida com aparelhos auditivos.

De acordo com estudo publicado por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), a hipersensibilidade auditiva é uma das alterações sensoriais mais comuns em pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Essa condição pode gerar desconforto, sobrecarga sensorial e dificuldades de interação social, especialmente em ambientes ruidosos.

Um dispositivo como o NEURA pode oferecer apoio ao transformar esses sons em informações visuais, reduzindo a sobrecarga sensorial e promovendo maior segurança no ambiente em que a pessoa está inserida.

3.2.3 TRANSTORNO DO DESENVOLVIMENTO DA COORDENAÇÃO (TDC)

O Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação (TDC), também conhecido como dispraxia, compromete a capacidade de planejar e executar movimentos motores. Segundo a Sociedade Americana de Psiquiatria (2014) seus efeitos vão além da motricidade, podendo atingir áreas sensoriais, como a percepção auditiva e espacial.

Segundo Ayres (2005), a dispraxia está relacionada a uma disfunção na integração sensorial, dificultando a forma como o cérebro interpreta estímulos auditivos. Isso pode levar a problemas como dificuldade em localizar sons, responder a comandos verbais e interpretar estímulos sonoros em ambientes com muito ruídos.

3.3 DEFICIÊNCIA AUDITIVA

A deficiência auditiva é um distúrbio de comunicação com grande impacto no bem-estar dos seres humanos. E constitui igualmente um sério problema de saúde pública, pois, ocorrendo prematuramente, prejudica o desenvolvimento da linguagem, o sucesso escolar e a inserção do indivíduo na sociedade.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS, 2021), uma divisão da OMS nas Américas, globalmente, mais de 1,5 bilhão de pessoas experimentam algum grau de perda auditiva. Destes, estima-se que 430 milhões tenham perda auditiva moderada ou grave no ouvido com melhor audição.

Na Região das Américas da OMS, cerca de 217 milhões de pessoas vivem com perda auditiva, ou seja, 21,52% da população. Espera-se que até 2050, esse número possa subir para 322 milhões. A maioria das pessoas com perda auditiva não tem acesso a intervenções. A perda auditiva não tratada tem um impacto de longo alcance na vida das pessoas afetadas e de suas famílias. Em nível social, representa um custo anual de US\$262 milhões na região.

3.3.1 TIPOS DE DEFICIÊNCIA AUDITIVA

A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece três classificações de deficiência auditiva, conforme detalhado pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2021), possui 3 classificações de diferentes tipos de deficiência auditiva:

1. Sensorineural: causada por danos na célula ciliada do ouvido interno, o que afeta a chegada das informações sonoras ao cérebro;
2. Condutiva: ocorre quando existe algum tipo de bloqueio ou redução na habilidade auditiva para conduzir o som para o ouvido interno;
3. Mista: é uma combinação das duas anteriores e ocorre quando uma infecção crônica faz com que os danos ao tímpano e aos ossículos se estendam à cóclea.

A deficiência auditiva pode ser congênita (ocorre ao nascimento ou durante a gestação) ou adquirida ao longo da vida, podendo ser causada por inúmeros fatores.

3.3.2 FORMA CONGÊNITA

A deficiência auditiva na forma congênita, é quando a condição afeta o indivíduo desde o nascimento. Podendo ter origem durante a gestação ou no momento do parto, podendo se agravar ao decorrer do tempo. A maioria dos casos são ligados a fatores genéticos, podendo ser herdada de um dos pais ou ambos. Algumas das outras causas mais comuns da perda auditiva por motivo congênito são infecções ou doenças como a toxoplasmose ou rubéola durante a gestação, também pode advir de problemas durante o parto.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 60% dos casos de perda auditiva infantil poderiam ser prevenidos por meio de ações como vacinação, assistência pré-natal, práticas obstétricas seguras e programas de triagem auditiva neonatal (OPAS, 2021).

3.3.3 FORMA ADQUIRIDA

A forma adquirida ocorre após o nascimento, podendo ser causada em qualquer idade, por diferentes fatores.

Suas principais causas são: exposição à ruídos, infecções recorrentes no ouvido, doenças infecciosas (meningite, sarampo, etc...) , alcoolismo e tabagismo, colesterol alto, tumores na cabeça, efeitos colaterais de medicamentos ou o envelhecimento natural do sistema auditivo, condição chamada de presbiacusia. (OPAS, 2021).

3.4 COMPONENTES DO SISTEMA

3.4.1 ARDUÍNO UNO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada no microcontrolador ATmega328P. É amplamente utilizada em projetos de automação e controle devido à sua acessibilidade e usabilidade.

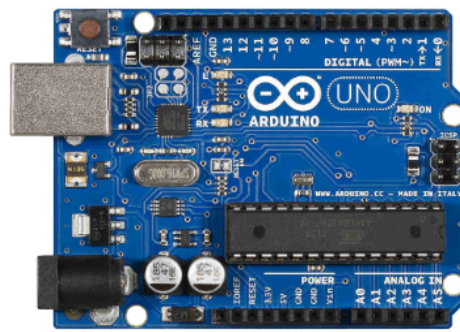


Figura 1 - Arduino UNO

Fonte: MakerCriativo (2019)

3.4.2 DISPLAY LCD I2C

O Display LCD I2C é uma versão do display LCD convencional que possui um módulo adaptador baseado no protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit). Possibilita a comunicação utilizando apenas dois fios principais (SDA e SCL), simplificando a conexão elétrica e reduzindo a quantidade de cabos necessários em relação ao modelo tradicional.

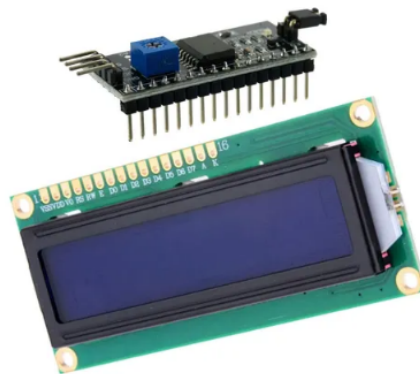


Figura 2 - Display LCD I2C

Fonte: Mercado Livre (2025)

3.4.3 PROTOBOARD

Serve para a construção de circuitos elétricos, os deixando mais organizados sem a necessidade de soldagem.



Figura 3 - Protoboard

Fonte: Shopee (2022)

3.4.4 MÓDULO SENSOR DE PALMAS E RUÍDOS

Dispositivo que serve para detectar sons e converter as vibrações do som em sinais que são enviados para o Arduino. Sua sensibilidade pode ser ajustada, permitindo ajustar o sistema para ambientes com mais ou menos ruídos.

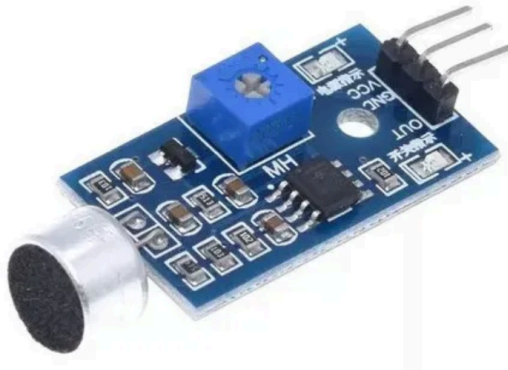


Figura 4 - Módulo sensor de palmas e ruídos

Fonte: Mercado Livre (2023)

3.4.5 CABOS JUMPER

Cabos usados para fazer conexões rápidas e temporárias entre componentes eletrônicos, geralmente usado em protoboards.



Figura 5 - Cabos Jumper
Fonte: Casa da Robótica (2021)

3.4.6 RESISTOR

Um resistor é um componente eletrônico que limita a passagem de corrente elétrica em um circuito. Ele é usado para controlar a quantidade de corrente que passa por outros componentes.



Figura 6 - Resistor
Fonte: Jotrin (2023)

3.4.7 LED

LED é um componente eletrônico que emite luz quando a corrente elétrica passa por ele. Ele só permite a passagem de corrente em um sentido (como um diodo) e é muito usado em sinalizações, iluminação e displays.



Figura 7 - LED

Fonte: Eletro Peças (2023)

4. METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

Este projeto é de cunho explicativo com abordagem quanti-qualitativa com foco na compreensão e desenvolvimento de um dispositivo de detecção e tradução de ondas sonoras e sirenes de emergência para pessoas neurodivergentes e/ou com deficiência auditiva. Tendo como propósito investigar como esse dispositivo pode contribuir para a inclusão social de pessoas com transtornos do neurodesenvolvimento e deficiência auditiva, oferecendo-lhes uma demonstração visual de um possível evento perigoso em seu entorno, e avaliando a eficiência do dispositivo em cenários reais.

Desenvolvendo um dispositivo de detecção de ondas sonoras que possa auxiliar e incluir pessoas neurodivergentes e/ou com deficiência auditiva sobre sons de sirene possam alertar sobre algum perigo. Para construir o protótipo, utilizamos um microcontrolador Arduíno, display LCD e módulo sensor de ruídos e palmas para o Arduíno.

Os limiares de intensidade sonora foram definidos através dos Valores ADC (Conversor Analógico-Digital) do sensor, onde uma intensidade de 600 aciona o display com palavras e estímulos luminosos, e aparecerá “AMBULÂNCIA” no display. Enquanto no som de intensidade de 1000, aparecerá “POLÍCIA” no display e ativará os mesmos componentes, porém aparecerá a distinção de intensidade na barra de LED.

Para o funcionamento do sistema de detecção sonora, utilizou-se o pino A0 do módulo, que fornece sinal analógico proporcional à intensidade captada. O valor lido pelo Arduíno varia de 0 a 1023, sendo convertido em tensão elétrica conforme a equação:

$$V = \text{Valor lido} \times 5 / 1023$$

Essa leitura foi correlacionada empiricamente com níveis sonoros aproximados, considerando medições médias obtidas em sensores de som do mesmo tipo. Assim, definiu-se que o valor 600 corresponde aproximadamente a 2,93 V (aproximadamente 70 dB), e 1000 a 4,89 V (aproximadamente 100 dB). Esses limiares foram utilizados para acionar a barra de LED no display de acordo com a intensidade sonora detectada.

O processo de desenvolvimento, escolha dos componentes e construção do protótipo, é feito para garantir que o dispositivo atenda as necessidades dos usuários.

Foi pensado para a população de pessoas com deficiência auditiva e/ou dos transtornos citados possam se beneficiar deste projeto independentemente do grau de deficiência, idade, gênero ou localização geográfica, que podem beneficiar-se com um dispositivo capaz de detectar, representar e decodificar ondas sonoras de sirenes de ambulâncias e veículos policiais, sendo capaz de ajudar a detectar possíveis situações de perigo ao redor.

4.2 ESQUEMA ELÉTRICO

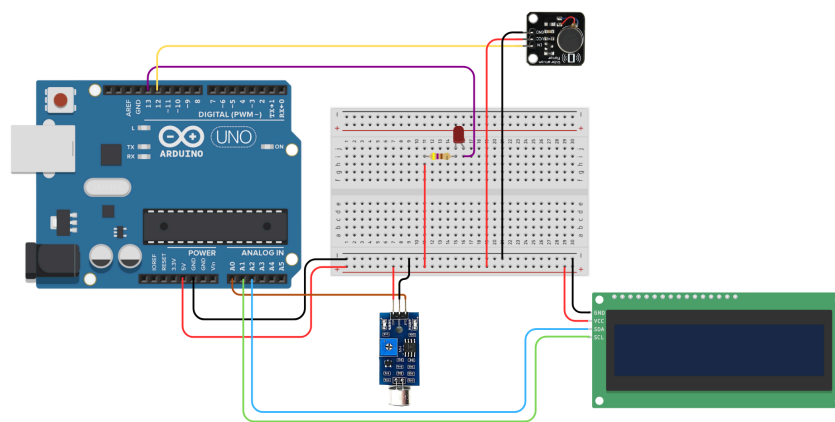


Figura 9 - Esquema elétrico

Fonte: Os autores

- Arduino Uno: Unidade de controle responsável pelo processamento e gerenciamento dos sinais do sistema.
- Sensor de Som: Conectado ao pino analógico A0, VCC (alimentação em corrente contínua) e GND (referência de terra). Responsável por captar os sinais sonoros do ambiente.
- LED Indicador: Associado a um resistor de 470 Ω para limitação de corrente. O terminal negativo (catodo) é ligado ao pino digital 13, enquanto a extremidade livre do resistor conecta-se ao VCC. Fornece indicação visual de sons de intensidade moderada.
- Display LCD 16x2: Conectado aos pinos A1 e A2 (entradas analógicas), além do VCC e GND. Responsável por exibir informações textuais referentes à sirene detectada através da intensidade.

O protótipo desenvolvido tem como núcleo de operação o Arduino Uno, microcontrolador responsável por receber, processar e interpretar os sinais captados pelo sensor de som. Esse sensor é conectado aos pinos A0, VCC e GND, permitindo que variações de ruído no ambiente sejam convertidas em valores analógicos que o Arduino consegue analisar. A conexão foi realizada utilizando a saída A0 do sensor, permitindo ao microcontrolador interpretar a intensidade sonora de forma proporcional à tensão recebida.

O potenciômetro presente no sensor foi ajustado para calibrar a sensibilidade de detecção, diminuindo o potencial de falsos acionamentos por ruídos ambientes. Dessa forma, o sistema consegue identificar diferentes intensidades sonoras de forma precisa. Para transformar essa informação em sinais perceptíveis ao usuário neurodivergente e/ou com deficiência auditiva, o recurso de saída implementado é o display LCD 16x2 com módulo I2C.

O display LCD I2C, cujos pinos são A1, A2, VCC e GND, tem a função de reforçar a comunicação com o usuário. A interface é programada para exibir palavras e também para incluir uma barra de LED visualizada diretamente no display. Essa barra é criada através da programação de caracteres personalizados no Arduino, utilizando as colunas e linhas do display LCD I2C 16x2 para simular o aumento ou diminuição das barras de acordo com o som.

- Alerta de POLÍCIA: Quando o nível sonoro ultrapassa o valor de 1000 (aproximadamente 100 dB), o display exibe a palavra “POLÍCIA”.
- Alerta de AMBULÂNCIA: Quando o som atinge aproximadamente 600 (aproximadamente 70 dB), o display exibe a palavra “AMBULÂNCIA”.

Essa interface amplia a compreensão do alerta, permitindo que o usuário não apenas perceba a variação sonora, mas também interprete a situação com mais clareza.

Em conjunto, esses elementos transformam o som em estímulos luminosos e informativos, garantindo que a pessoa com deficiência auditiva e transtornos do neurodesenvolvimento consiga identificar o que ocorre ao seu redor. Assim, o protótipo contribui para aumentar a autonomia, segurança e inclusão social do usuário, demonstrando que soluções tecnológicas simples podem gerar grande impacto na qualidade de vida e na interação com o ambiente.

4.3 PROGRAMAÇÃO

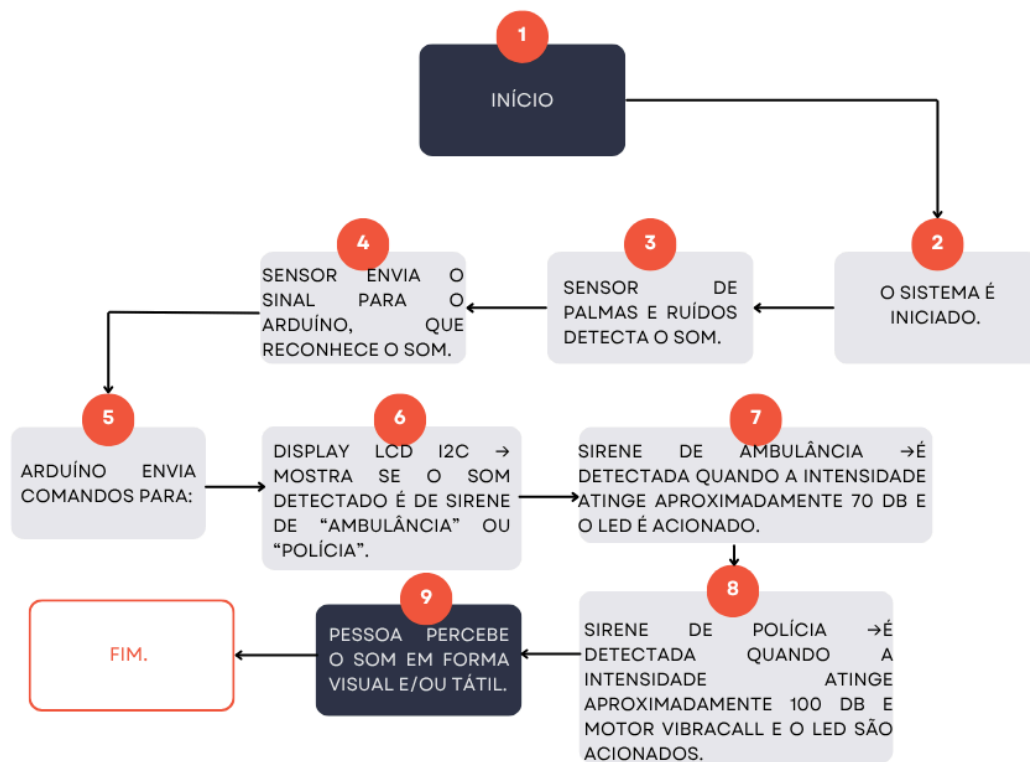


Figura 9 - Fluxograma de Programação

Fonte: Os autores

4.4 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.4.1 ARDUÍNO UNO

No contexto deste projeto, o Arduino, em combinação com o módulo de sensor de palmas e ruídos e o display permitirá a criação de um sistema eficiente entre os componentes que formam o dispositivo. O Arduino será responsável por processar os dados e controlar os componentes eletrônicos, como os displays, sensores, etc...

4.4.2 MÓDULO SENSOR DE PALMAS E RUÍDOS

O sensor de som é responsável por captar os ruídos do ambiente e transformá-los em sinais elétricos que podem ser processados pelo Arduino. No sistema, sua principal função é identificar sons característicos, como as sirenes de viaturas, e repassá-los ao microcontrolador. Dessa forma, o dispositivo consegue reconhecer o som.

4.4.3 DISPLAY LCD I2C

Ele possui a função de demonstrar visualmente o nome do som captado pelo sensor, de forma rápida e acessível. O display é conectado ao Arduino por meio de pinos digitais, se comunicando de forma eficiente, por conta da programação dos códigos de acionamento do display e reconhecendo a intensidade de determinado som. Além da função de exibir as palavras, o display LCD é programado para criar uma representação gráfica da intensidade sonora.

4.4.4 PROTOBOARD

No projeto, ela permite a conexão prática entre o Arduino UNO, o sensor de som, o display LCD I2C e os demais elementos do sistema. Essa característica facilita ajustes, testes e correções durante o desenvolvimento do protótipo.

4.4.5 CABOS JUMPER

Os cabos jumper são responsáveis pela realização das conexões elétricas entre os componentes do circuito. No sistema, eles interligam a protoboard ao Arduino e o restante dos componentes demais, para garantir que os sinais e a alimentação elétrica circulem corretamente.

4.4.6 RESISTOR

A função do resistor de 470 ohms é limitar a corrente elétrica que passa pelo LED, evitando que ele queime. Sem esse resistor, a corrente fornecida pelo Arduino seria muito alta para o LED suportar, podendo danificá-lo.

4.4.7 LED

Neste projeto, a função do LED é acionar quando a intensidade do som é menor que 600, ou seja, aproximadamente 70 dB.

5. CRONOGRAMA

Tabela 4 – Cronograma

2025	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Escolha do tema	X									
Levantamento de literatura científica	X									
Introdução				X						
Tema				X						
Problema				X						
Objetivos				X						
Justificativa				X						
Estado da Arte					X					
Fundamentação teórica						X				
Metodologia							X			
Cronograma							X			
Recursos							X	X		
Resultados esperados ou parciais								X		
Referências							X	X		
Avaliação do CRC								X		
Produção do Banner									X	
27ª Exposchmidt										X

6. RECURSOS

Material	Valor unitário	Fonte	Data
Arduíno Uno	39,87	https://abrir.link/aQQAA	07/08/2025
Módulo Motor de Vibração Vibracall	25,46	https://abrir.link/hRDAx	03/09/2025
Display LCD I2C	29,99	https://encurtador.com.br/Cg9iF	07/08/2025
Módulo sensor de palmas e ruídos	19,00	https://abrir.link/QEVqz	07/08/2025
Munhequeira	45,90	https://encurtador.com.br/aOJV	28/10/2025
Resistor	1,17 (unid.)	https://encurtador.com.br/Chwc4	02/09/2025
LED	0,21 (unid.)	https://encurtador.com.br/fwDID	02/09/2025
Protoboard	14,60	https://encurtador.com.br/21PJp	03/09/2025
Valor final: 176,20			

7. RESULTADOS PARCIAIS

Sabendo-se que pessoas com algum grau de deficiência auditiva e transtornos do neurodesenvolvimento enfrentam dificuldades no aspecto de se localizar espacialmente por conta do som, criamos o NEURA, um bracelete capaz de captar, decodificar e transformar ondas sonoras de sirenes de emergência de ambulâncias e veículos policiais em palavras e sinais luminosos a indivíduos com deficiência auditiva ou com transtornos do neurodesenvolvimento que dificultem a percepção geográfica por conta da percepção do som.

O protótipo foi construído com o menor custo possível de produção, facilitando o acesso da população a esse dispositivo, que identifica as ondas sonoras de sirenes de emergência de ambulâncias e veículos policiais, convertendo-os em informações úteis para interpretação. Resultou em um dispositivo de fácil manuseio e pretende-se que o protótipo garanta segurança e conforto aos usuários, favorecendo seu uso em ambientes diversos, especialmente no seu cotidiano.

Do ponto de vista social, prevê-se que o uso do NEURA contribua para a inclusão de pessoas com deficiência auditiva, espera-se também que reduza a exclusão social e aumente a relação da pessoa com o espaço em que está inserida.

Entretanto, o protótipo atual, concebido como Prova de Conceito, possui uma limitação em seu sistema de decodificação. A distinção entre as sirenes é feita exclusivamente através da intensidade sonora captada pelo sensor. Durante os testes, observou-se que valores próximos de 600 correspondiam a sons em torno de 70 dB, enquanto leituras acima de 1000 representavam intensidades sonoras aproximadas de 100 dB.

Esses valores foram determinados por pesquisas, com base em medições empíricas realizadas por pesquisadores, e utilizados como limiares para o acionamento dos dispositivos de saída.

Sendo funcional para testes iniciais, pode resultar em alguns enganos em cenários reais, confundindo alguns ruídos com sirenes de emergência. A melhoria futura do projeto será a substituição do sensor que capta intensidade por um sensor capaz de realizar a análise de frequência dos sons captados dessas sirenes. Essa evolução permitirá a decodificação e tradução mais precisa das sirenes pelas suas frequências, alinhando o protótipo com o objetivo de alta precisão do NEURA.

Esperamos também realizar testes de eficácia e precisão que confirmem a eficiência do dispositivo em diferentes ambientes. A partir desses resultados, o projeto terá condições de comprovar seu potencial de aplicação em diferentes contextos do cotidiano, contribuindo para a inclusão de pessoas com deficiência auditiva e transtornos do neurodesenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

AYRES, A. Jean. *Integração sensorial e a criança*. São Paulo: Memnon, 2005.

BRASIL ESCOLA. *Som – O que é, tipos, características e propriedades*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/som.htm>. Acesso em: 7 jul. 2025.

CASA DA ROBÓTICA. 200x - Cabo Jumper Macho X Macho 10 Cm. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/atacado/200x-cabo-jumper-macho-x-macho-10-cm>. Acesso em: 3 set. 2025.

DICIONÁRIO MICHAELIS. *Som – Fenômeno acústico que consiste na vibração que se propaga num meio elástico, capaz de ser percebida pelo sentido da audição*. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/som>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ELETROPEÇAS. Diodo Led Alto Brilho Difuso 5mm Vermelho B5-235r/p. Disponível em: <https://www.eleтроpecas.com/diodo-led-alto-brilho-difuso-5mm-vermelho-b5-235r/p>. Acesso em: 3 set. 2025.

FERREIRA, Andrea; GODOY, Maristela. Transtorno do Processamento Auditivo Central e suas implicações na aprendizagem. *Distúrbios da Comunicação*, São Paulo. 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/dc/article/view/20429>. Acesso em: 8 jul. 2025.

INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (IFUSP). *O que é uma onda sonora?* Disponível em: <https://portal.if.usp.br/control/sites/portal.if.usp.br.ifusp/files/Ondas%20II.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

MICHAELIS: moderno dicionário da língua portuguesa. São Paulo: UOL, 2023. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

TITO, Marcos de Moraes Klautau. Dispositivo de conversão de sinais sonoros para sinais táteis voltados a usuários surdos. Belém: Universidade Federal do Pará, 2023.

ERROBIDART, Hudson Azevedo. Ouvido mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora.

JOTRIN. What is a 470 ohm resistor and color code. Disponível em: <https://www.jotrin.jp/technology/details/what-is-a-470-ohm-resistor-and-color-code>. Acesso em: 3 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). *Mais de 1,5 bilhão de pessoas no mundo vivem com perda auditiva, afirma OMS.* 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/2-3-2021-mais-15-bilhao-pessoas-no-mundo-vivem-com-perda-auditiva-afirma-oms>. Acesso em: 9 jul. 2025.

ROCHA, Valdenio da Silva. Aparelho de sensibilidade sonora para surdos. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

SHOPEE. Protoboard 400 Ponto Furos Pinos Linha Coluna P/ Arduino. Disponível em: <https://shopee.com.br/Protoboard-400-Ponto-Furos-Pinos-Linha-Coluna-P-Arduino-i.421460495.9264957045>. Acesso em: 3 set. 2025.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. Display LCD: painel fino usado para exibir informações por via eletrônica. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/display-lcd>. Acesso em: 20 jul. 2025.

STEFANELLI, Ana Cecília Grilli Fernandes; ZANCHETTA, Sthella; FURTADO, Erikson Felipe. Hiper-responsividade auditiva no transtorno do espectro autista: terminologias e mecanismos fisiológicos envolvidos. *CoDAS*, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/codas/a/kwzhSMhnbvv3jWjSmBqbcJM/?format=pdf>. Acesso em: 23 out. 2025.

MERCADO LIVRE. Módulo Sensor de Som e Ruídos para Arduino Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3271651085-modulo-sensor-de-som-e-ruidos-palmas-para-Arduino-_JM. Acesso em: 20 jul. 2025.

MAKER CREATIVO STORE. Arduino Uno R3. Disponível em: <https://www.makercreativo.com/store/producto/Arduino-uno-r3/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ANEXOS

```
// Definição dos pinos
const int pinoSom = A0; // Entrada analógica do sensor de som
const int pinoMotor = 12; // Motor vibracall
const int pinoLed = 13; // LED

void setup() {
  pinMode(pinoMotor, OUTPUT);
  pinMode(pinoLed, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Para monitorar valores no Serial Monitor
}

void loop() {
  int valorSom = analogRead(pinoSom); // Lê intensidade do som (0 - 1023)
  Serial.println(valorSom); // Mostra no serial monitor para calibrar

  if (valorSom > 1000) {
    // Se o som for muito alto -> ativa motor e LED
    digitalWrite(pinoMotor, HIGH);
    digitalWrite(pinoLed, HIGH);
  }
  else if (valorSom > 600) {
    // Se o som for moderado -> ativa só LED
    digitalWrite(pinoLed, HIGH);
    digitalWrite(pinoMotor, LOW);
  }
  else {
    // Som baixo -> desliga tudo
    digitalWrite(pinoLed, LOW);
    digitalWrite(pinoMotor, LOW);
  }

  delay(50); // Pequeno atraso para estabilidade
}
```