



DISPOSITIVOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO APRENDIZADO DE PROGRAMAÇÃO ELÉTRICA E ELETRÔNICA

DEVICES FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS IN LEARNING ELECTRICAL AND ELECTRONIC PROGRAMMING

DISPOSITIVOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN EL APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



10.56238/bocav25n74-012

Giordano Muneiro Arantes

Doutor em Engenharia Elétrica

Instituição: Universidade de Campinas (Unicamp)

Email: giordanomarantes@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5272-8835>

Luiz Cesar Martini

Doutor em Engenharia Elétrica

Instituição: Universidade de Campinas (Unicamp)

Email: martinifeee@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5291-0896>

RESUMO

Nas últimas décadas, a Tecnologia Assistiva TA tem possibilitado remover barreiras e ampliar a participação de pessoas com deficiência em atividades educacionais, científicas e profissionais. Em disciplinas como programação, eletrônica e eletrotécnica, estudantes com deficiência visual frequentemente enfrentam obstáculos pela falta de acessibilidade nos equipamentos trazendo a dependência de terceiros para verificação de medições e montagem de circuitos. Este artigo apresenta o ELETROPROGVOX, um conjunto integrado de dispositivos assistivos composto por: uma protoboard com acessibilidade tátil, projetada para apoiar a identificação de trilhas e pontos de inserção, um multímetro falante, capaz de fornecer leituras por áudio e operar com comandos táteis e um aplicativo móvel, voltado ao aprendizado de lógica e estruturas de programação com possibilidade de controle de sensores e componentes eletrônicos por meio de uma segunda protoboard adaptada comunicando-se via *bluetooth*. A pesquisa caracteriza-se como aplicada e orientada ao desenvolvimento de protótipo com condução iterativa baseada em revisão bibliográfica e em validações contínuas realizadas com apoio de uma pessoa cega, ao longo das etapas de testes. Os resultados indicam que o conjunto desenvolvido amplia a autonomia do usuário em tarefas como montagem segura de circuitos aferição de grandezas elétricas e implementação de projetos com sensores. Conclui-se que a integração de recursos táteis e sonoros, alinhada a diretrizes de educação inclusiva, permite reduzir barreiras e promover a inclusão nas atividades trabalhadas.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Protoboard Tátil. Multímetro Falante. Ensino de Programação. Acessibilidade. Inclusão.

ABSTRACT

In recent decades, Assistive Technology (AT) has made it possible to remove barriers and increase the participation of people with disabilities in educational, scientific, and professional activities. In subjects such as programming, electronics, and electrical engineering, students with visual impairments often face obstacles due to the lack of accessibility in equipment, leading to dependence on others for checking measurements and assembling circuits. This article presents ELETROPROGVOX, an integrated set of assistive devices consisting of: a tactile-accessible breadboard, designed to support the identification of tracks and insertion points; a talking multimeter, capable of providing audio readings and operating with tactile commands; and a mobile application, aimed at learning logic and programming structures with the possibility of controlling sensors and electronic components through a second adapted breadboard communicating via Bluetooth. The research is characterized as applied and oriented towards prototype development with iterative conduction based on bibliographic review and continuous validations carried out with the support of a blind person throughout the testing stages. The results indicate that the developed set increases user autonomy in tasks such as safe circuit assembly, measurement of electrical quantities, and implementation of projects with sensors. It is concluded that the integration of tactile and sound resources, in line with inclusive education guidelines, reduces barriers and promotes inclusion in the activities worked on.

Keywords: Assistive Technology. Tactile Protoboard. Talking Multimeter. Programming Education. Accessibility. Inclusion.

RESUMEN

En las últimas décadas, la tecnología de asistencia (TA) ha permitido eliminar barreras y ampliar la participación de las personas con discapacidad en actividades educativas, científicas y profesionales. En disciplinas como la programación, la electrónica y la electrotécnica, los estudiantes con discapacidad visual suelen enfrentarse a obstáculos debido a la falta de accesibilidad de los equipos, lo que les obliga a depender de terceros para verificar las mediciones y montar los circuitos. Este artículo presenta ELETROPROGVOX, un conjunto integrado de dispositivos de asistencia compuesto por: una placa de prototipos con accesibilidad táctil, diseñada para facilitar la identificación de pistas y puntos de inserción, un multímetro parlante, capaz de proporcionar lecturas por audio y funcionar con comandos táctiles, y una aplicación móvil, orientada al aprendizaje de la lógica y las estructuras de programación, con la posibilidad de controlar sensores y componentes electrónicos mediante una segunda placa de prototipos adaptada que se comunica a través de Bluetooth. La investigación se caracteriza por ser aplicada y orientada al desarrollo de prototipos con una conducción iterativa basada en la revisión bibliográfica y en validaciones continuas realizadas con el apoyo de una persona ciega a lo largo de las etapas de prueba. Los resultados indican que el conjunto desarrollado amplía la autonomía del usuario en tareas como el montaje seguro de circuitos, la medición de magnitudes eléctricas y la implementación de proyectos con sensores. Se concluye que la integración de recursos táctiles y sonoros, en línea con las directrices de la educación inclusiva, permite reducir las barreras y promover la inclusión en las actividades trabajadas.

Palabras clave: Tecnología de Asistencia. Protoboard Táctil. Multímetro Hablante. Enseñanza de Programación. Accesibilidad. Inclusión.

1 INTRODUÇÃO

O avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação TIC e a difusão de ferramentas digitais transformaram práticas educacionais. Entretanto, a evolução tecnológica nem sempre vem acompanhada de acessibilidade, o que pode implicar em desigualdade e restringir o acesso a pessoas com determinados tipos de deficiência. Em contextos de formação técnica e superior, particularmente nas engenharias, existem barreiras que comprometem a participação de estudantes com deficiência visual em atividades como: montagem de circuitos, medições elétricas e aprendizagem de programação.

A dificuldade não se limita ao conteúdo abstrato, mas se intensifica na dimensão prática: instrumentos como multímetros convencionais, protoboards e plataformas educacionais frequentemente necessitam do uso da visão. Para uma pessoa cega, a execução autônoma dessas tarefas tende a ser inviabilizada, gerando dependência de outras pessoas no auxílio das atividades.

No âmbito normativo e educacional, a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2008) orienta sistemas de ensino a garantirem acesso, participação e aprendizagem, enquanto a Lei Brasileira de Inclusão (BRASIL, 2015) estabelece direitos e diretrizes para remoção de barreiras e adoção de recursos de acessibilidade em ambientes educacionais. Assim, há demanda concreta por soluções que tornem práticas laboratoriais e de aprendizagem tecnológica mais inclusivas, sem limitar a complexidade e o potencial formativo.

É nesse cenário que se insere o ELETROPROGVOX, concebido como um ecossistema de recursos assistivos para apoiar o ensino e aprendizagem de circuitos elétricos, reduzir dependência de terceiros em medições e montagens e possibilitar a aprendizagem de programação orientada à criação de projetos com sensores e atuadores.

1.1 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e os resultados iniciais do conjunto ELETROPROGVOX, composto por: uma protoboard tátil, um multímetro falante e um aplicativo móvel acessível integrado a uma protoboard para sensores como uma solução assistiva para pessoas com deficiência visual no aprendizado de programação, elétrica e eletrônica.

De forma complementar busca-se definir requisitos de acessibilidade tátil e sonora aplicáveis à protoboard, ao multímetro e ao aplicativo; implementar protótipos funcionais e conduzir iterações de design com base em testes orientados ao usuário; demonstrar a aplicabilidade do conjunto em atividades típicas de ensino e em projetos práticos com sensores e componentes eletrônicos e; discutir o potencial de adoção educacional, as limitações do estudo e direções de aprimoramento para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Tecnologia Assistiva TA trás recursos, serviços e estratégias que promovem autonomia, participação e inclusão. No caso de pessoas com deficiência visual, TA envolve desde leitores de tela e síntese de voz até materiais tátteis e dispositivos físicos adaptados. No contexto educacional, tais recursos podem ser decisivos para garantir o papel do estudante como protagonista.

Papert (2008) discute o potencial da tecnologia na educação ao favorecer construção ativa do conhecimento, na qual o aluno experimenta, testa hipóteses, erra e corrige. Contudo, esse potencial depende de condições reais de acesso ao fazer, o que inclui instrumentos e interfaces utilizáveis por diferentes perfis de estudantes. Em cursos técnicos e de engenharia, a barreira material é particularmente crítica: a aprendizagem ocorre tanto no plano conceitual quanto no plano experimental com manipulação de componentes e interpretação de medições.

No campo de ferramentas acessíveis para pessoas com deficiência visual, há ampla relevância do uso de leitores de tela e ambientes de síntese de fala. Piero e Araújo (2017) discutem possibilidades pedagógicas do Dosvox, evidenciando como plataformas adaptadas podem favorecer o ensino-aprendizagem. Singla e Yadav (2014) também reforçam o papel de conversão texto-fala e tecnologias correlatas para ampliar acesso a informações tradicionalmente visuais.

Em áreas de exatas e computação, iniciativas específicas apontam caminhos, como Mejía et al. (2021) apresentam o CASVI como ferramenta para cálculos matemáticos voltada para pessoas com deficiência visual, indicando a importância de ambientes computacionais com acessibilidade. No ensino de programação e pensamento computacional, India et al. (2020) discutem abordagens acessíveis para crianças cegas, sugerindo que interfaces e metodologias precisam incorporar interação auditiva/tátil e estratégias pedagógicas adequadas.

Em eletrônica e eletrotécnica, a literatura evidencia tanto a relevância quanto a escassez de instrumentos acessíveis. Almeida et al. (2020) abordam ensino de resistores para deficientes visuais com apoio de Arduino, indicando que recursos didáticos e instrumentação adaptada podem reduzir barreiras. Silva et al. (2015) relatam bancada didática com acessibilidade, reforçando que, sem adaptação, o laboratório se torna espaço de exclusão.

A partir desses referenciais este trabalho traz um conjunto integrado que conecta um multímetro falante com acessibilidade tátil para medição de valores de tensão, corrente e valores de resistência, uma protoboard para montagem circuitos e um aplicativo com ambiente de programação acessível.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada, com foco no desenvolvimento tecnológico de um protótipo assistivo. O percurso metodológico foi organizado de modo iterativo, com ciclos de concepção, prototipagem, testes e refinamento combinando com uma revisão bibliográfica, verificação das

necessidades e barreiras, definição dos requisitos, construção do protótipo e testes funcionais e validação orientada ao usuário.

A revisão bibliográfica concentrou-se em tecnologias assistivas e em recursos de acessibilidade para educação e atividades práticas, considerando contribuições sobre leitores de tela e síntese de fala, ferramentas acessíveis para o ensino e propostas de adaptação de recursos para eletrônica e engenharia, além de diretrizes nacionais de educação inclusiva e legislação relacionada à inclusão. Em paralelo, foi realizado o levantamento de necessidades a partir da análise das dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiência visual no uso de protoboards convencionais, na utilização de multímetros visuais e nas barreiras ao aprendizado de programação, especialmente quando envolve controle de sensores e componentes eletrônicos.

Com base nessa etapa, foram definidos os requisitos mínimos para o projeto, priorizando: identificação tátil para orientação e inserção de componentes; feedback auditivo para leituras e confirmações; interação simplificada por comandos diretos; redução de riscos operacionais como conexões indevidas e curtos; e integração didática para uso em atividades típicas de ensino. Resultando no protótipo denominado de ELETROPROGVOX, composto por: Uma protoboard com acessibilidade tátil, um multímetro falante e um aplicativo para programação acessível integrado a uma segunda protoboard para inserção e controle de sensores e componentes.

A construção e refinamento do protótipo ocorreu com uso de uma impressora 3d para ajustes nas estruturas táteis e adequações de usabilidade. Por fim, foram realizados testes funcionais com participação de uma pessoa cega, que atuou como validador do processo. Os testes abrangeram tarefas como localização de trilhas e pontos de inserção montagem de circuitos, medições com retorno por áudio e execução de programas no aplicativo para controle de sensores/atuadores. Os resultados desses testes orientaram ajustes finais no padrão tátil, na organização física dos dispositivos e no fluxo de interação sonora, assegurando consistência e viabilidade de uso no contexto educacional.

4 DISPOSITIVOS DESENVOLVIDOS

Apresentação dos dispositivos que foram desenvolvidos neste projeto composto por uma protoboard com acessibilidade tátil, um multímetro falante com acessibilidade tátil e um aplicativo com acessível para o aprendizado de programação e o controle de sensores e componentes eletrônicos por meio de uma segunda protoboard.

4.1 PROTOBOARD COM ACESSIBILIDADE TÁTIL

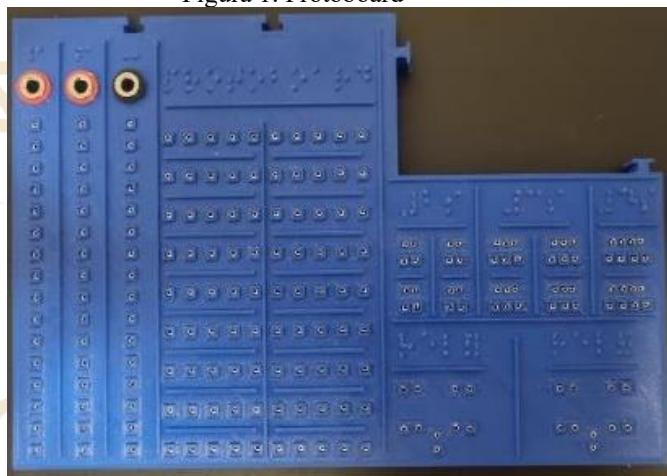
Protoboards são utilizadas para montagem e testes de circuitos elétricos, permitem montagem sem solda, porém, para uma pessoa cega há dois problemas recorrentes, sendo dificuldade de localizar

e manter referência das linhas e colunas e o risco de inserção incorreta podendo causar dano a componentes e riscos ao usuário.

A protoboard do ELETROPROGVOX foi desenvolvida com marcação tátil e organização física que permite ao usuário reconhecer: regiões em série e em paralelo; pontos de inserção com elevação e; áreas reservadas a componentes específicos e trilhas de alimentação.

O princípio de projeto foi criar um mapa tátil que ao deslizar os dedos o usuário identifica padrões com ressaltos e separações que correspondem à lógica de conexão interna da protoboard, promovendo a montagem segura (Figura 1).

Figura 1. Protoboard



Fonte: Autor deste projeto.

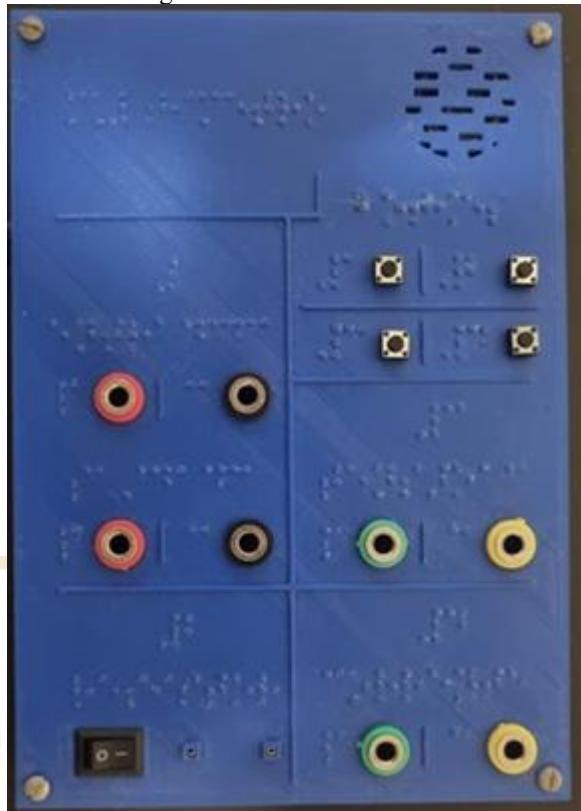
4.2 MULTÍMETRO FALANTE

O multímetro é instrumento para medição de valores de tensão, corrente e outras medições referentes a componentes eletrônicos, mas modelos convencionais são predominantemente visuais que exigem leitura visual. Além de botões e seletores sem marcação tátil, impedindo a utilização de uma pessoa com deficiência visual.

O multímetro falante (Figura 2) desenvolvido neste projeto foi projetado para: medir grandezas como tensão, corrente e resistência e fornecer leitura por áudio e; permitir seleção de função por comandos táteis.

A utilização permite uma sequência simples: selecionar o tipo de medição com feedback por voz, conectar pontas de prova por meio de uma leitura em braile e obter leitura falada.

Figura 2: Multímetro



Fonte: Autor deste projeto.

4.3 APlicativo móvel ACESSÍVEL E PROTOBOARD PARA SENSORES/COMPONENTES

Aprender programação pode ser ainda mais desafiador para pessoas cegas quando o ambiente de desenvolvimento não é plenamente acessível ou quando a aprendizagem está acoplada a interfaces gráficas complexas. O aplicativo do ELETROPROGVOX desenvolve a lógica de programação e seleção de comandos por interface acessível, com leitura em voz das opções e estrutura de navegação compatível com teclado físico conectado ao celular por um adaptador.

O aplicativo também foi desenhado para o usuário executar programas que controlam sensores e componentes eletrônicos instalados em uma segunda protoboard adaptada, destinada a receber tais elementos. Essa integração permite o desenvolvimento de atividades “makers” permitindo que o estudante desenvolva seus próprios projetos usando sua criatividade.

Figura 3: Segunda protoboard e aplicativo



Fonte: Autor deste projeto.

5 RESULTADOS, DEMONSTRAÇÕES FUNCIONAIS E ESTUDOS DE CASO

Os resultados foram organizados em duas etapas, apresentamos as funcionalidade e acessibilidade dos dispositivos e em seguida apresentamos a capacidade de apoiar projetos práticos como evidência de aplicabilidade educacional.

5.1 FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE OBSERVADAS

Durante os testes orientados ao usuário verificou-se que: A protoboard tátil permitiu localizar trilhas e realizar inserções de componentes com autonomia; o multímetro falante possibilitou medições de tensão e corrente contínua e alternada e resistência com retorno por áudio e; o aplicativo viabilizou seleção de comandos e construção de sequências lógicas por interface acessível, além de acionar e controlar sensores conectados à protoboard de sensores via *bluetooth*.

5.2 PROJETOS DESENVOLVIDOS COM OS DISPOSITIVOS

Para testes com os dispositivos, foram implementados projetos típicos de laboratório educacional pelo próprio usuário, tais como:

1. Medições: leitura de tensão e corrente AC/DC e resistência de componentes, reforçando conceitos fundamentais de eletrônica.
2. Sistema de alerta/segurança: emissão de alerta sonoro quando detectada presença/entrada em determinado local, exemplificando entrada (sensor ultrassônico) e saída (atuador/alarme).
3. Controle de umidade do solo: identificação da necessidade de rega com base em leitura de sensor, relacionando programação a automação.

4. Detecção de luminosidade: identificação da presença/ausência de luz no ambiente, com retorno interpretável pelo usuário.
5. Trena digital: projeto de medição, reforçando conversão de leitura em informação útil por meio do sensor ultrassônico.

Esses estudos de caso são relevantes porque representam tarefas comuns em disciplinas introdutórias e intermediárias em laboratório de eletrônica, introdução à programação aplicada e projetos *maker*, demonstrando que o ELETROPROGVOX não se limita a um protótipo conceitual, mas para uso prático.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos reforçam evidências recorrentes na literatura de que recursos acessíveis não devem se limitar a adaptações pontuais, mas integrar o processo pedagógico de maneira estruturada, especialmente em atividades práticas, nos quais ainda há carência de instrumentos físicos acessíveis. Nesse sentido, o ELETROPROGVOX contribui ao propor um conjunto unificado que articula instrumentação, montagem de circuitos e programação, favorecendo a participação ativa de pessoas com deficiência visual em atividades práticas de elétrica e eletrônica.

O diferencial da solução está na acessibilidade concebida em três níveis complementares: físico/tátil, na protoboard para orientar a inserção de componentes e no multímetro para selecionar o tipo de medição; informacional/auditivo, com leitura falada de medições e confirmações de uso no multímetro e no aplicativo; e pedagógico, ao permitir a construção de projetos que materializam conceitos e fortalecem a aprendizagem baseada em projetos, de acordo com a perspectiva de protagonismo do estudante discutida por (Papert, 2008). Além disso, com alinhamento nas diretrizes nacionais de educação inclusiva e com a legislação brasileira (BRASIL, 2008; BRASIL 2015), sustenta a relevância social do protótipo.

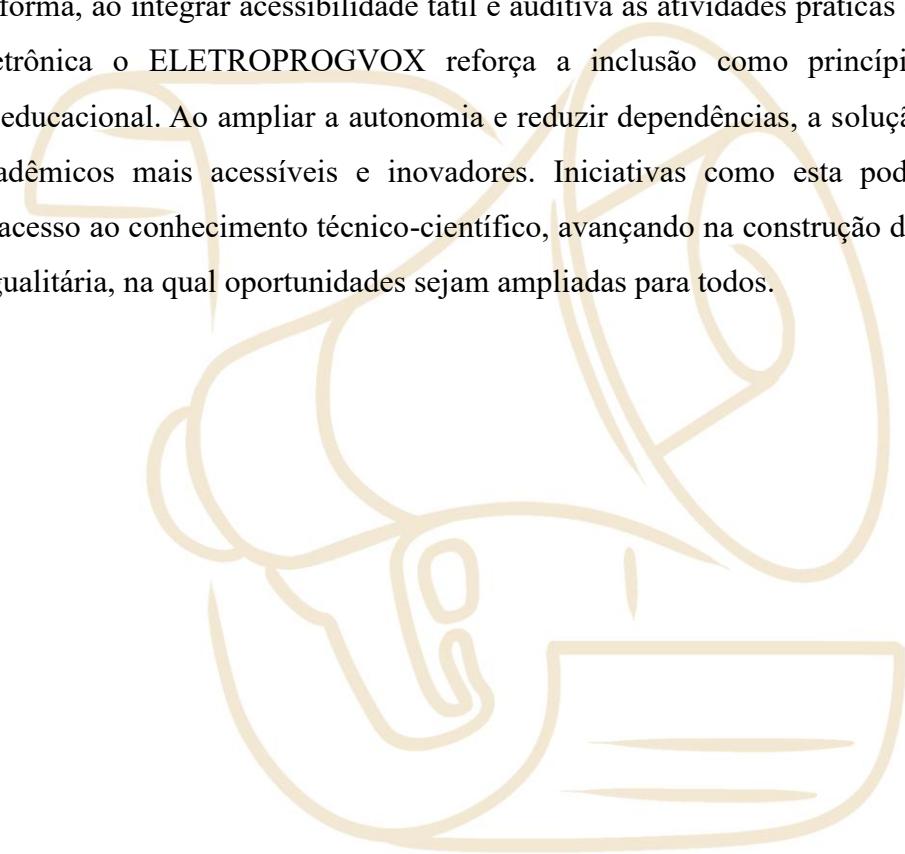
De forma geral, os resultados iniciais indicam que o conjunto permite que usuários cegos realizem tarefas antes limitantes, como montar circuitos com maior segurança, medir grandezas elétricas com retorno por áudio e desenvolver aplicações com sensores e atuadores orientadas por programação. Assim, o ELETROPROGVOX apresenta potencial de adoção educacional como estratégia para reduzir barreiras didático-instrumentais em disciplinas práticas.

Como limitações, destaca-se que a validação foi conduzida prioritariamente por meio de testes funcionais e iteração com um usuário, sendo recomendável, para futuras publicações e consolidação científica, ampliar a avaliação com mais participantes e métricas sistemáticas de usabilidade e aprendizagem. Também se reconhece que a implementação em contextos reais de sala de aula e laboratório pode demandar ajustes de roteiro didático, preparação dos docentes e adequações de

infraestrutura. Adicionalmente, a generalização para diferentes perfis cegueira congênita/adquirida, distintas faixas etárias e níveis de familiaridade tecnológica pode exigir calibragens no padrão tátil e no modelo de interação.

Como trabalhos futuros recomenda-se: (a) ampliar testes em ambientes educacionais reais disciplinas, oficinas e laboratórios; (b) evoluir o aplicativo com funcionalidades de programação mais avançadas e bibliotecas de projetos guiados; (c) desenvolver novos instrumentos acessíveis como um osciloscópio adaptativo ampliando o ecossistema; e (d) estruturar uma estratégia de disseminação documentação técnica, guias didáticos e repositório público para facilitar adoção por instituições de ensino e apoiar a reproduzibilidade do projeto.

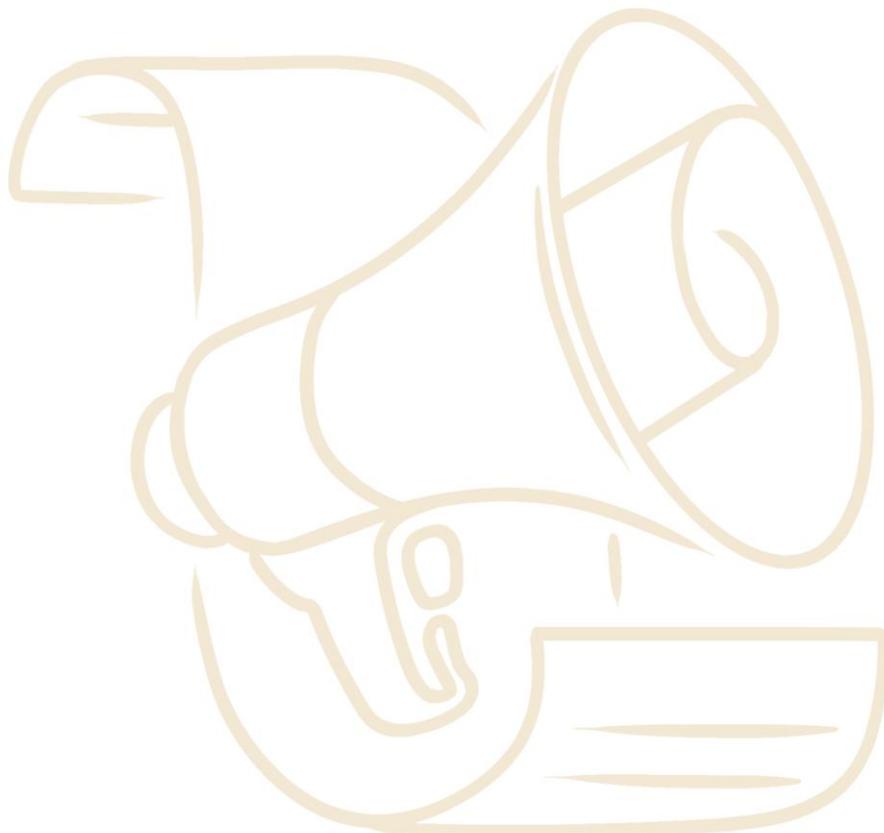
Dessa forma, ao integrar acessibilidade tátil e auditiva às atividades práticas de programação, elétrica e eletrônica o ELETROPROGVOX reforça a inclusão como princípio de projeto e compromisso educacional. Ao ampliar a autonomia e reduzir dependências, a solução contribui para ambientes acadêmicos mais acessíveis e inovadores. Iniciativas como esta podem fortalecer a cidadania e o acesso ao conhecimento técnico-científico, avançando na construção de uma sociedade mais justa e igualitária, na qual oportunidades sejam ampliadas para todos.



AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradecemos a Universidade Estadual de Campinas e a Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação por todo apoio.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. D.; BARBOSA, N. T. B.; ROSA, V. O ensino de resistores para deficientes visuais, por meio do uso do arduino. Arquivos do Mudi, v. 24, n. 3, p. 149-156, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/55713>>. Acesso em: 4 fev. 2025.
- BRASIL. POLÍTICA NACIONAL DE EDUCAÇÃO ESPECIAL NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO INCLUSIVA. 2008. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducespecial.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- _____. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm>. Acesso em: 12 jun. 2025.
- PAPERT, S. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Ed. Ver. Artes Médicas, Porto Alegre, 2008.
- PIERO A. B. P. D., ARAUJO, I. M. Dosvox: possibilidades de uso pedagógico no processo de ensino-aprendizagem. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Licenciatura em Computação) Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. Pará, São Miguel do Guamá, 2017.
- MEJÍA, P.; MARTINI, L. C.; GRIJALVA, F.; ZAMBRANO, A. M. CASVI: Computer Algebra System Aimed at Visually Impaired People. Experiments. In IEEE Access, v. 9, p. 157021-157034, 2021.
- INDIA, G.; RAMAKRISHNA, G.; PAL, J.; SWAMINATHAN, M., 2020. Conceptual Learning through Accessible Play: Project Torino and Computational Thinking for Blind Children in India. In: Proceedings of the 2020. International Conference on Information and Communication Technologies and Development (ICTD2020). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Art. 6, p. 1-11, 2020.
- SINGLA, S. K.; YADAY, R. K. Optical Character Recognition Based Speech Synthesis System Using LabVIEW. Journal of Applied Research and Technology, V. 12, n5, p. 919-926, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S166564231470598X>>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- SILVA, R. T. G.; FERREIRA, A. M.; DINIZ, A. M. F. Desenvolvimento e implementação de uma bancada didática para comandos elétricos com acessibilidade para deficientes visuais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2015. Disponível em: <https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc1229-Trabalho/PIBIC_RF.pdf>. Acesso em 24 jul. 2025.