

## PROMOVENDO ACESSIBILIDADE NO ENSINO SUPERIOR: DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO ASSISTIVO PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM CURSOS DE ENGENHARIA

GIORDANO MUNEIRO ARANTES

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil

LUIZ CÉSAR MARTINI

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil

---

**RESUMO:** A Tecnologia Assistiva (TA) tem se destacado como um recurso valioso no Ensino Superior, especialmente para alunos com deficiência visual em cursos de Engenharia. Este estudo teórico-prático aborda a criação de um protótipo assistivo, incluindo uma protoboard adaptada e um multímetro falante, além de um aplicativo móvel desenvolvido para auxiliar na programação e no controle de sensores e componentes eletrônicos para pessoas com deficiência visual. A pesquisa enfatiza a importância dessas ferramentas na melhoria da acessibilidade e na facilitação do processo de aprendizagem em laboratórios, argumentando que tais dispositivos são essenciais para a inclusão efetiva de estudantes com deficiência visual em diversas áreas de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Deficiência Visual; Tecnologia Assistiva; Inclusão Educacional.

---

### INTRODUÇÃO

O atual contexto social, dinâmico e complexo, nos leva a viver tempos de grandes mudanças tecnológicas, que possibilitam reconfigurar nossa sociedade no modo de interagir nas relações sociais, econômicas, culturais e educacionais, a partir de novas formas de transmissão de informações, conhecimentos e atitudes.

Frequentemente acompanhamos discussões sobre as inovações e os benefícios dessa revolução tecnológica. Entre os argumentos que listam os benefícios, teóricos concordam que a tecnologia trouxe inúmeras vantagens para o ser humano, apontando novas possibilidades de projetos científicos que outrora foram considerados impossíveis, como transplantes de órgãos, cirurgias robóticas, meios de transporte rápidos e ecológicos, sistemas de automação e Tecnologia Assistiva. Concorda-se que, numa sociedade democrática, a igualdade de condições e direitos deve ser para todos, assim como as tecnologias que significam uma evolução no sentido de trazer mais qualidade de vida, em especial a tecnologia aplicada à educação (Arantes, 2019).

Neste mesmo contexto, ouvimos apelos sobre a necessidade de inclusão social e educacional, referindo-se às pessoas historicamente excluídas da sociedade e da instituição escolar, por serem pessoas com deficiências. Entre outros grupos sociais que vivem à margem da sociedade, as necessidades emergentes próprias da inclusão social, além de subsídios básicos, demandam novos valores e atitudes mais permanentes, como o reconhecimento das diferenças e a quebra de barreiras, preconceitos e estigmas.

Isso nos leva a buscar novos desafios, privilegiando novas ideias que atendam aos anseios da população, em especial das pessoas com deficiência visual.

Assim, nesse início de trabalho, pontua-se a necessidade e o sentido para a ocorrência deste estudo, o interesse e a justificativa do tema abordado, a definição do problema de pesquisa, as hipóteses e os objetivos que norteiam os passos dessa pesquisa e orientam a busca de respostas. Dentro da perspectiva de uma educação inclusiva, a presença de pessoas com deficiências, especialmente com deficiência visual, nos laboratórios de universidades caracteriza-se como um desafio, já que recursos adaptativos são necessários e fundamentais para atender às diferenças de alunos nesta etapa da escolarização.

A literatura destaca que, apesar da crescente presença de computadores, celulares e tecnologias assistivas, uma parcela significativa da sociedade, especialmente pessoas com deficiências, fica excluída de seus benefícios devido ao custo e à inacessibilidade no manuseio (Borges, 2009; Silva; Ferreira; Diniz, 2015; Barbosa; Guedes, 2020). Esse problema é acentuado no ambiente educacional, onde a falta de recursos tecnológicos acessíveis para pessoas com deficiência visual constitui uma barreira ao desenvolvimento de habilidades. Adaptar o espaço físico, as linguagens, a comunicação, as funções pedagógicas, os conteúdos, o currículo e as tecnologias são fundamentais para superar esses desafios e promover uma educação verdadeiramente inclusiva.

No Brasil, a Lei 13.146/2015 instituiu o Estatuto da Pessoa com Deficiência para assegurar e promover condições de igualdade no exercício dos direitos e das liberdades individuais. Esta lei determina que pessoas com qualquer tipo de deficiência tenham igualdade de direitos no acesso à escola, locomoção, computadores, celulares e outras ferramentas tecnológicas, assim como existe para a todos os seres humanos. Porém, mesmo anos após a promulgação desta lei, ainda se constata desigualdades no acesso e manejo de ferramentas tecnológicas, principalmente por pessoas com deficiência visual (Robe; Poletto; Bertagnolli, 2020).

A legislação brasileira, incluindo a Lei 13.409/2016 e o Decreto n. 10.094 de 2019, enfatiza a inclusão de pessoas com deficiência em todos os setores, inclusive na educação, promovendo o uso de Tecnologia Assistiva (TA). No entanto, a inclusão efetiva de alunos com deficiência visual no ensino superior, especialmente em atividades práticas de laboratório, permanece desafiadora. Barbosa e Guedes (2020) destacam que, apesar das políticas de inclusão, estudantes com deficiência visual frequentemente enfrentam barreiras de acessibilidade, sendo excluídos de diversas atividades educacionais. Os autores argumentam a importância de adaptar metodologias pedagógicas para valorizar outros sentidos além da visão, como tato e audição, na construção do conhecimento por esses alunos.

Destacamos neste estudo autores como Petitto (2003); Araújo e Abib (2003); Arantes (2019); Braga (2013), que buscaram exemplificar em suas pesquisas vários recursos tecnológicos, dentre os quais a robótica, objetivando facilitar o aprendizado de alunos com deficiência visual em cursos tecnológicos de ensino médio e superior. Estes autores reforçaram a compreensão de que pessoas com deficiência visual acabam perdendo a oportunidade de envolvimento com atividades experimentais por não

consequirem utilizar os recursos devido à falta de acessibilidade, permanecendo apenas como espectadores.

Nessa mesma direção, Guedes e Barbosa (2020) entendem que esse comportamento pode estar presente em vários cursos de formação profissional de nível superior, levando, muitas vezes, o aluno com deficiência visual a desistir de sua qualificação, não por falta de motivação e interesse, mas sim por falta de acessibilidade para manusear equipamentos, principalmente em aulas de laboratório, privando-se, assim, de muitos experimentos e, de forma geral, da construção de seu aprendizado.

Neste estudo, abordamos a necessidade crítica de acessibilidade para estudantes com deficiência visual em cursos de Engenharia, onde a falta de equipamentos adaptados, como calculadoras e multímetros acessíveis, limita severamente sua participação e aprendizado. Propomos o desenvolvimento de um protótipo assistivo econômico, incluindo uma protoboard e um multímetro falante, além de um aplicativo móvel para facilitar o ensino de programação e o manuseio de componentes eletrônicos. Alinhando-se às diretrizes da Lei 13.146/2015 e ao Decreto 10.094/2019 sobre Tecnologia Assistiva, nosso objetivo é superar barreiras educacionais, promovendo inclusão, autonomia e melhor qualidade de vida para pessoas com deficiência visual, tanto no ambiente acadêmico quanto profissional.

## **METODOLOGIA**

O interesse central, ou objetivo geral, é ampliar as possibilidades existentes, mesmo que de forma modesta, para que alunos com deficiência visual superem obstáculos impostos por essa deficiência, visando sua inclusão, permanência e formação no Ensino Superior.

O delineamento metodológico desenvolvido neste trabalho foi definido por parâmetros descritos pela abordagem qualitativa. O caminho metodológico investigativo escolhido inclui uma revisão bibliográfica de obras científicas para análise teórica, bem como o desenvolvimento de etapas para a criação e testes de uso do protótipo, com o objetivo de fornecer ferramentas que possam auxiliar na aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O desenvolvimento de estudos envolvendo o uso de tecnologia na educação, no ensino e na reabilitação de pessoas com deficiência visual contribui para diminuir as dificuldades de aprendizagem advindas de déficits de visão. Assim, projetos e protótipos dessa natureza se propõem a atenuar essas dificuldades, aumentando as possibilidades de aprendizagem. É com essa intenção que realizamos nosso trabalho, buscando nas referências bibliográficas responder às seguintes fases: busca de estudos primários nas bases de dados, avaliação dos estudos e apresentação da revisão. Os trabalhos científicos considerados relevantes foram selecionados nas bases de dados das plataformas de pesquisa: SciELO, Google Acadêmico, ERIC e Portal da Capes. A seleção do material incluiu trabalhos científicos nacionais e internacionais publicados entre os anos de 2009 e 2023.

Geralmente, durante o decorrer dos semestres de um curso de graduação em Engenharia, estudantes aprendem a teoria e os princípios fundamentais da eletricidade, magnetismo, eletrônica e sistemas de controle. Estudam matemática avançada, física, química e ciência da computação. Também aprendem a projetar, testar e implementar sistemas elétricos e eletrônicos em projetos práticos, usando software de simulação e equipamentos de laboratório. Porém, para que alunos com deficiência visual, matriculados nesse curso, consigam participar de todas as disciplinas e atividades e concluir o curso junto com todos os seus colegas que enxergam, é necessário que existam adaptações adequadas em equipamentos, ferramentas e estratégias de ensino.

Para fundamentar teoricamente algumas das necessidades apontadas acima, no contexto da inclusão de indivíduos com deficiência visual no âmbito educacional, mais precisamente em cursos de Engenharia, apresenta-se, a seguir, uma revisão bibliográfica de contribuições científicas sobre esse tema, acreditando que “a ciência tem sido uma grande parceira dos movimentos sociais que atuam no sentido de criar condições propícias à educação e aos suportes de toda a ordem que a pessoa com deficiência necessita... e melhorar sua qualidade de vida como um todo” (Mantoan, 2000, p. 64).

### Trabalhos Publicados

#### Ensino pelo computador

Borges (2009) apresenta um estudo sobre a contribuição do uso de computadores na educação. Na área educacional, afirma o autor, o uso de computadores permite aos estudantes acesso a uma ampla variedade de informações, recursos e ferramentas que, até o final da década de 1990, eram praticamente inacessíveis. Os computadores também permitem que os alunos trabalhem em seu próprio ritmo, com materiais e recursos específicos para suas habilidades e interesses, além de ajudá-los a desenvolver habilidades importantes, como comunicação, colaboração e pensamento crítico.

Além disso, o referido autor destaca que o acesso a computadores, de modo geral, permite a personalização da aprendizagem e contribui para que a educação se torne mais acessível e flexível, facilitando o ensino à distância. Porém, Borges (2009) alerta que todos esses recursos precisam de adaptação para pessoas com deficiência visual, tornando-as inclusas nas atividades educacionais. Para isso, é necessário adaptar softwares que permitam que todos tenham acesso aos mesmos recursos.

Como exemplo de software, o autor sugere o Dosvox, um sistema baseado no MS-DOS que funciona nos sistemas operacionais Windows e Linux, permitindo que pessoas com deficiência visual possam usar um computador sem precisar de um monitor. Este software possui uma interface de áudio que lê em voz alta todas as informações do computador, como menus, arquivos, pastas, programas e páginas da web. O Dosvox foi criado em 1993 e é distribuído gratuitamente para escolas.

Retomando os estudos de Borges (2009) sobre os resultados do uso do Dosvox no meio educacional, especialmente na área do processo ensino-aprendizagem, Piero e Araújo (2017) concordam que o Dosvox pode ser uma ferramenta eficaz para promover

a inclusão de pessoas com deficiência visual no ambiente escolar. Além disso, ele auxilia no desenvolvimento de habilidades como leitura, escrita e organização de ideias, bem como facilita o acesso a informações, torna as aulas mais dinâmicas e interativas e contribui para a autonomia dos alunos com deficiência visual. Como exemplo para o ensino, os autores destacam algumas ferramentas no uso do Dosvox:

suporte para a alfabetização com o Letravox ou com o Letrix (jogos educacionais), a socialização por meio do Papovox (programa de bate-papo), a espacialidade com o Catavox (jogo de caça-palavras), a expansão do vocabulário com a utilização Cruzavox ou com o Curiosovox (jogos de cruzadinhas), dentre outros aplicativos que estão disponíveis para uso na plataforma do software (Piero; Araujo, 2017, p. 54).

Simões *et al.* (2019) também desenvolveram pesquisas na área de softwares, afirmando que, além do Dosvox, existem outros softwares com leitores de tela, como o NVDA, também distribuído gratuitamente às escolas pelo Ministério da Educação. Caracteriza-se como um leitor de tela para ser usado no Windows, que permite a leitura de todos os textos que aparecem na tela, possibilitando a utilização de teclas de atalho e personalizações feitas pelo usuário. Simões *et al.* (2019) destacam também o JAWS, outro leitor de tela, este, porém, de acesso pago. É considerado um dos melhores leitores de tela conhecidos, com uma ampla variedade de funções que permitem acessar diversas funcionalidades do computador, além de possuir diversos idiomas com voz sintetizada, permitindo um bom entendimento.

Singla e Yadav (2014) desenvolveram um sistema de síntese de fala para auxiliar pessoas com deficiências visuais, utilizando reconhecimento óptico de caracteres (OCR) no software LabVIEW. O sistema digitaliza textos, reconhece caracteres e os converte em áudio. Os resultados dos testes indicam eficiência e precisão na conversão de texto em fala.

Neste contexto, vale destacar a existência da tecnologia de síntese de voz incorporada a celulares, criada para fornecer informações auditivas sobre o que está na tela, permitindo que usuários naveguem pelos aplicativos, ajustem as configurações e usem outras funcionalidades do dispositivo. Esse sistema, conforme o Google TalkBack (2023), está incluso em todos os dispositivos Android de forma gratuita. Assim, hoje, os celulares podem ser considerados computadores com alto processamento e funções que podem até mesmo substituir um computador, sendo usados no meio educacional com diversos tipos de aplicativos que podem auxiliar no desenvolvimento e aprendizagem de alunos e professores. Em especial, os celulares Android para pessoas com deficiência visual disponibilizam o recurso TalkBack, contribuindo para o uso de smartphones e tablets.

## Ensino da matemática

É interessante lembrar que o uso de recursos tecnológicos como softwares de áudio e Braille contribui para que alunos com deficiência visual enfrentem desafios na aprendizagem da matemática, principalmente em relação à visualização de gráficos e diagramas, compreensão de conceitos abstratos, escrita de equações e símbolos,

problemas de espaçamento e formatação, participação em atividades práticas, bem como o uso de exemplos concretos e objetos manipuláveis. Aliado ao recurso tecnológico, Mejía et al. (2021) destacam a importante recomendação para que a escola e seus professores forneçam suporte adicional por meio de tutores e colegas de classe, adaptando atividades e recursos utilizados em sala de aula para incluir alunos com deficiência visual, a fim de permitir sua participação plena na disciplina.

Mejía *et al.* (2021) criaram o CASVI, uma calculadora adaptada para cegos, disponível em Windows e Linux, projetada para resolver desde operações matemáticas simples até cálculos avançados como integrais e derivadas. A ferramenta, que opera independentemente de leitores de tela e é controlada via teclado, foi positivamente avaliada por usuários com deficiência visual, melhorando sua eficiência, compreensão e confiança em matemática. O estudo sugere que o CASVI pode ampliar o acesso à educação e oportunidades profissionais para essa população.

Neste mesmo contexto, Adam, Nascimento e Okimoto (2019) já sugeriam o programa Lambda, cujo objetivo era contribuir para que pessoas cegas consigam fazer edições em notações matemáticas, bem como o uso do Dosvox com as ferramentas FINAVOX e MATVOX, que possibilitam realizar cálculos financeiros e estatísticos por meio do EDVOX, o editor de textos do Dosvox.

### Ensino de programação

India *et al.* (2020) destacam a crescente importância da programação além do campo da ciência da computação, tornando-se essencial em diversas áreas profissionais e no desenvolvimento de habilidades cognitivas como pensamento lógico e resolução de problemas. A revisão sistemática enfatiza a necessidade de ensinar programação a estudantes com deficiência visual, oferecendo-lhes as mesmas oportunidades de aprendizado que outros alunos. Além disso, os autores discutem a adaptação de métodos de ensino e o uso de tecnologias assistivas, exemplificando com o Project Torino da Microsoft. Este projeto introduz o *Code Jumper*, uma linguagem de programação tátil que utiliza blocos modulares para ensinar programação a crianças com deficiência visual, permitindo-lhes criar músicas, softwares e mais, promovendo um ambiente de aprendizado inclusivo.

Robe, Poletto e Bertagnolli (2020) examinaram treze trabalhos sobre o ensino de programação para estudantes com deficiência visual, identificando como recursos mais empregados o software de conversão texto-voz, Braille, linguagens de programação adaptadas, representação tátil e tecnologias assistivas. Contudo, enfrentam-se desafios como a escassez de recursos pedagógicos específicos, a falta de preparo docente para utilizar tais recursos e o acesso limitado a tecnologias avançadas por parte dos alunos. O estudo enfatiza a necessidade de desenvolver materiais didáticos apropriados, capacitar professores para seu uso efetivo e garantir a acessibilidade tecnológica para atender às necessidades dos estudantes com deficiência visual.

## Equipamentos e ensino em cursos de Engenharia

No curso de Engenharia, o multímetro é uma ferramenta fundamental usada para medir diversas grandezas elétricas como tensão, corrente e resistência. É definido também como uma ferramenta versátil que pode ser usada em diferentes áreas da Engenharia, como em projetos de eletrônica, instalações elétricas e manutenção de equipamentos, com a finalidade de verificar se os circuitos elétricos estão funcionando corretamente e identificar problemas de forma eficiente.

Existem diferentes tipos de multímetros no mercado, com diferentes funções, porém, na maior parte das vezes, não podem ser utilizados por pessoas e/ou alunos com deficiência visual, pois não atendem às suas necessidades específicas. Assim, para que o aluno com cegueira utilize o multímetro, seria necessário o auxílio de outras pessoas para efetuar as medições. Por isso, é extremamente importante que esse dispositivo seja acessível para todos os alunos, com ou sem deficiência visual.

Para conhecer projetos acadêmicos voltados para inclusão de alunos com deficiência visual na área da Engenharia, selecionamos da literatura alguns estudos realizados entre os anos de 2015 a 2021, envolvendo a ferramenta multímetro, a plataforma Arduino para o ensino de eletrônica e a bancada didática para o ensino de comandos elétricos.

Laksgay (2021) desenvolveu um multímetro e medidor ICR falantes para facilitar a medição de circuitos elétricos para pessoas cegas ou com deficiência visual, equipando o dispositivo com funcionalidades de voz e botões de navegação para diferentes medições. Avaliado positivamente por usuários com deficiência visual, o dispositivo, que incorpora um microcontrolador e placa de som, destaca a necessidade de acessibilidade nas áreas de Engenharia, além de discutir os desafios de design para essa tecnologia assistiva.

Almeida, Barbosa e Rosa (2020) propõem o uso da plataforma Arduino para ensinar eletrônica a pessoas com deficiência visual, proporcionando uma experiência prática através do contato direto com resistores conectados à placa Arduino. Esta abordagem permite aos alunos sentirem os componentes e realizarem programações para medir resistência, entre outras atividades eletrônicas. O estudo destaca a eficácia de plataformas como o Arduino como ferramentas pedagógicas inclusivas, facilitando o aprendizado sensorial e prático de eletrônica para alunos com deficiência visual.

Com o objetivo de ensinar comandos elétricos para pessoas com deficiência visual, Silva, Ferreira e Diniz (2015) descrevem o desenvolvimento de uma bancada didática para ter componentes de fácil acesso e utilizar dispositivos como a fala e vibração para fornecer informações aos estudantes. Foram utilizados diversos recursos, como etiquetas em Braille e o uso de um tablet com tela sensível ao toque para ajudar no processo de aprendizado. Finalizando seu estudo, os autores destacam a importância do desenvolvimento de recursos de acessibilidade para tornar o ensino de comandos elétricos mais acessíveis e eficazes para esses estudantes.

Assim, amparados pela orientação dos autores apresentados acima, importa observar que, embora existam diversas propostas metodológicas e experimentais para a inclusão de alunos com deficiência visual em diversos setores educacionais, estes estudos e projetos têm em comum o reconhecimento da necessidade de uma abordagem de ensino própria para pessoas com deficiência visual, aliada à necessidade

de conhecer o aluno centrado em um método personalizado de ensino, buscando entender suas reais necessidades em diferentes áreas do conhecimento.

## RESULTADOS

Considerando a análise teórica de conceitos com base na Legislação Brasileira e nos estudos aqui referidos, para o desenvolvimento deste projeto também foi necessário que uma pessoa cega pudesse expressar suas dificuldades ao longo do processo de execução desta pesquisa, indicando suas reais necessidades para manusear os equipamentos desenvolvidos. O referido participante (que também é um dos autores deste trabalho) é uma pessoa cega e esteve presente em todos os momentos deste estudo, dando orientações e pontuando as necessidades que os dispositivos precisariam atender para que fossem, de fato, ferramentas eficazes. Dessa forma, ele se dispôs a contribuir integralmente com o desenvolvimento de recursos de acessibilidade, com o intuito de contribuir para o ensino e a aprendizagem de outras pessoas com deficiência visual.

Assim, sugere-se aqui a criação de um protótipo de trabalho envolvendo a criação de ferramentas, como, na programação, a necessidade de um leitor de tela e uma educação adaptativa. Para o controle de componentes eletrônicos e sensores, propõe-se o desenvolvimento de uma protoboard com diagramas táteis e a elaboração de um multímetro com recursos táteis e saída de áudio dos valores de medição.

É importante destacar que, para o desenvolvimento de todos os componentes físicos apresentados a seguir, foi necessário utilizar o software Fusion 360 e uma impressora 3D, nos quais foram realizados vários testes para alcançar resultados funcionais que permitissem a uma pessoa cega utilizar os dispositivos.

Dos equipamentos desenvolvidos:

### *Protoboard*

A *protoboard* deste trabalho foi desenvolvida para facilitar que pessoas e/ou alunos com deficiência visual consigam conectar componentes eletrônicos, de modo que, ao passar os dedos, sejam capazes de identificar lacunas em série e em paralelo e inserir diferentes tipos de componentes, como resistores, transistores, relés, entre outros.

### Multímetro falante

O desenvolvimento do multímetro neste trabalho permite que pessoas cegas consigam ouvir os valores de medição de tensão e corrente contínua e alternada, bem como os valores de um resistor, além de manusear o dispositivo de forma tátil.

O multímetro falante foi elaborado para efetuar as seguintes medições: leitura de tensão contínua até 26 volts, leitura de corrente contínua até 30 amperes, leitura de tensão alternada até 250 volts, leitura de corrente alternada até 30 amperes, e leitura do valor de resistores. As medições apresentaram valores de precisão na casa de  $\pm 1\%$ . Para

ARANTES, G. M., MARTINI, L. C.

os testes, foi utilizado um multímetro de alta precisão (multímetro digital ET-2042E Minipa).

**Figura 1:** *Protoboard* e Multímetro falante



Fonte: Dos autores (2024).

### **Aplicativo e Controle de Sensores**

Neste projeto, foi desenvolvido um aplicativo para celulares Android que permite o aprendizado de programação para pessoas cegas utilizando apenas a lógica de programação. Para o desenvolvimento do aplicativo, foi necessária a utilização do TalkBack, disponível em celulares Android, que permite a leitura de textos. O aplicativo foi idealizado com base no funcionamento do modo de navegação do Dosvox, por ser um software bem aceito pela comunidade com deficiência visual.

O referido aplicativo possibilita que pessoas com deficiência visual consigam programar por comandos de um teclado físico conectado ao celular, por meio de um adaptador USB tipo C ou Micro B (dependendo do modelo de celular).

**Figura 2:** *Protoboard* para sensores e aplicativo

Fonte: Dos autores (2024).

Principais funções do aplicativo: inserir variáveis, realizar cálculos matemáticos, utilizar comandos de decisão e efetuar o controle de sensores, permitindo que a pessoa cega consiga ser criadora de seus próprios projetos.

### Testes com os Dispositivos

Os testes foram realizados, como mencionado anteriormente, com a participação efetiva de uma pessoa cega, que descreveu os equipamentos como um grande avanço para que pessoas cegas possam estar presentes em cursos de Engenharia. Ele relata que a forma de programar é incrível, pois basta selecionar o que deseja sem a necessidade de conhecer uma linguagem de programação, sendo possível programar apenas entendendo a lógica de programação e, com isso, controlar sensores e desenvolver projetos.

Durante os testes do protótipo, utilizando o aplicativo de programação e a protoboard de sensores, ele conseguiu realizar dois projetos *maker* que considerou de grande valor para uma pessoa cega. Em um dos projetos, foi criado um alarme que avisa se a luz está acesa ou apagada, utilizando um sensor LDR e um buzzer. Além disso, ele fez um projeto capaz de identificar se há necessidade de regar plantas, usando um sensor de umidade do solo.

Utilizando o multímetro falante, ele conseguiu efetuar a leitura de tensão, o que considerou incrível, pois sempre dependia de outras pessoas para informá-lo sobre o valor de tensão e corrente que estavam sendo medidos. Outro ponto importante a destacar é a facilidade para colocar os componentes eletrônicos na protoboard de forma tátil, possibilitando identificar onde inserir os componentes e, assim, evitando curto-circuitos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme a Legislação Brasileira, o Ensino Superior deve oferecer um ambiente acolhedor aos alunos com deficiências, no qual deve haver liberdade para o ensino e aprendizagem, além do devido respeito a todas as diferenças. Assim também entende o movimento da Inclusão Educacional, que propõe que todos tenham boas condições de aprendizagem e desenvolvimento no ambiente universitário, constituindo-se como um direito à igualdade de condições, para possibilitar o acesso e a permanência do aluno com deficiência no âmbito acadêmico.

Dentro deste cenário, este trabalho consistiu na criação de ferramentas que podem auxiliar pessoas com deficiência visual, especialmente alunos com deficiência visual matriculados em cursos de Engenharia, na inclusão efetiva em disciplinas e em aulas de laboratório. Estas aulas necessitam de ferramentas como multímetros, protoboards, programação e desenvolvimento de atividades *maker* com a utilização de sensores, para que todos tenham acesso aos direitos previamente garantidos pela legislação.

Pode-se confirmar que os sensores utilizados para o desenvolvimento do multímetro obtiveram resultados satisfatórios em comparação com medições de um multímetro de alta precisão. Os testes do protótipo foram realizados por um dos autores deste projeto, que é cego e conseguiu orientar no desenvolvimento e aplicação de cada uma das etapas, garantindo que as ferramentas fossem de fato eficientes para uma pessoa cega. Neste contexto, a pesquisa e o desenvolvimento de ferramentas adaptativas representam mais um passo para a democratização do acesso à educação e ao conhecimento técnico-científico para pessoas com deficiência visual.

Os protótipos testados destacam a viabilidade e a necessidade de inovações tecnológicas inclusivas no ambiente educacional. Além disso, o envolvimento direto de indivíduos com deficiência visual no processo de criação e aprimoramento dessas ferramentas acentua a importância da cocriação e do design participativo, assegurando que as soluções desenvolvidas atendam efetivamente às suas necessidades e preferências, objetivando uma inclusão social mais eficiente.

Artigo recebido em: 16/04/2024

Aprovado para publicação em: 25/07/2024

---

PROMOTING ACCESSIBILITY IN HIGHER EDUCATION: DEVELOPMENT OF AN ASSISTIVE PROTOTYPE FOR STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENTS IN ENGINEERING COURSES

**ABSTRACT:** Assistive Technology (AT) has emerged as a valuable resource in higher education, particularly for visually impaired students in engineering courses. This theoretical-practical study addresses the creation of an assistive prototype, including an adapted protoboard and a talking multimeter, as well as a mobile application developed to assist in programming and controlling sensors and electronic components for visually impaired individuals. The research emphasizes the importance of these tools in improving accessibility and facilitating the learning process in

laboratories, arguing that such devices are essential for the effective inclusion of visually impaired students in various fields of study.

**KEYWORDS:** Visual Impairment; Assistive Technology; Educational Inclusion.

---

PROMOVIENDO LA ACCESIBILIDAD EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: DESARROLLO DE UN PROTOTIPO ASISTIVO PARA ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD VISUAL EN CURSOS DE INGENIERÍA

**RESUMEN:** La Tecnología Asistiva (TA) se ha destacado como un recurso valioso en la Educación Superior, especialmente para estudiantes con discapacidad visual en cursos de Ingeniería. Este estudio teórico-práctico aborda la creación de un prototipo asistivo, que incluye una protoboard adaptada y un multimetro parlante, además de una aplicación móvil desarrollada para ayudar en la programación y el control de sensores y componentes electrónicos para personas con discapacidad visual. La investigación enfatiza la importancia de estas herramientas en la mejora de la accesibilidad y en la facilitación del proceso de aprendizaje en laboratorios, argumentando que tales dispositivos son esenciales para la inclusión efectiva de estudiantes con discapacidad visual en diversas áreas de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Discapacidad Visual; Tecnología Asistiva; Inclusión Educativa.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA E ELETRÔNICAS

ADAM, D. L.; NASCIMENTO, I. Z.; OKIMOTO, M. L. L. R. Mapeamento de Recursos Digitais de Tecnologia Assistiva: Interação multimodal para pessoas com deficiência visual e cegas. In: PASSOS, R. PARREIRA, F. J. ULBRICHT, V. R. (Org.). **A inovação emergente: tecnologias e interfaces**. Goiânia, GO: Universidade Federal de Goiás, art.5, p.26-36, 2019. Disponível em: [https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/cinahpa\\_a\\_inovacao\\_emergente/artigo\\_4.html](https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/cinahpa_a_inovacao_emergente/artigo_4.html). Acesso em: 8 fev. 2023.

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. 2023.

ARANTES, G. M. **Desenvolvimento de material didático no contexto educacional: exemplos na disciplina de física para o ensino médio**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1637260>. Acesso em: 5 abr. 2023.

ARANTES, G. M.; MARTINI, L. C.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividade experimentais no ensino de física. Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira do Ensino de Física**. v. 25, n. 2, 2003.

BARBOSA, L. M. M; GUEDES, D. M. Deficiência visual no Ensino Superior e a acessibilidade com o auxílio dos docentes. **Intr@ciência**. Revista científica. Faculdade do Guarujá, São Paulo, ed. 19 jun. 2020.

BORGES, J. A. dos S. **Do Braille ao Dosvox**: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros. 2009. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRAGA, D. B. **Ambientes digitais**: reflexões teóricas e práticas. São Paulo: Cortez, 2013.  
BRASIL. **Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d3298.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm). Acesso em: 10 mar. 2020.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm). Acesso em: 12 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13409.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13409.htm). Acesso em 10 nov. 2022.

BRASIL. **Governo Federal, institui, conforme disposto na Lei 13.146/2015 o Decreto 10.094 de 2019, o Plano Nacional da Legislação em Tecnologia Assistiva (TA)**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>decreto>d10094>. Acesso em: 10 fev. 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.

LAKSHAY, D. V. G. Talking Multimeter and LCR Meter: Accessible for Blind or Visually Impaired Persons (VIPs). **2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)**, Noida, India, pg. 1-4, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9596400>. Acesso em: 02 mar. 2023.

MANTOAN, M. T. E. **Uma escola mais que especial**: o mote da inclusão. XX Encontro Nacional de Professores do PROEPRE. Águas de Lindóia, São Paulo, 2003.

MELÍA, 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.

PETITTO, S. **Projetos de trabalho em informática**: desenvolvimento de competências. Campinas: Papirus, 2003.

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.

ROBE, R.; POLETTO S. B.; BERTAGNOLLI, S. Recursos pedagógicos para o ensino de programação de estudantes com deficiência visual: uma revisão da literatura. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, 2020. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/105922>. Acesso em: 10 de jan. 2023.

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](https://prpi.ifce.edu.br/nl/lib/file/doc1229-Trabalho/PIBIC_RF.pdf). Acesso em 20 abr. 2023.

SIMÕES, A. P.; FRIZZERA, A. C. S.; KOEHLER, A. D.; SONDERMANN, D. V. C. O leitor de tela e a criação de materiais digitais acessíveis a pessoas com deficiência visual. In:

SONDERMANN, D. V. C.; LINS, A. C.; BALDO, Y. P. (Orgs.). **Incluir é possível**: desmistificando barreiras no processo de ensino-aprendizagem. Vitória, ES: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2019.

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 abr. 2022.

TALKBACK. **Google Talkback**, 2023. Disponível em: [https://support.google.com/accessibility/android/topic/3529932?hl=pt-BR&ref\\_topic=9078845](https://support.google.com/accessibility/android/topic/3529932?hl=pt-BR&ref_topic=9078845). Acesso em 20 jan. 2023.

ARANTES, G. M., MARTINI, L. C.

---

GIORDANO MUNEIRO ARANTES: Doutorando em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

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

E-mail: [giordanomarantes@gmail.com](mailto:giordanomarantes@gmail.com)

---

LUIZ CÉSAR MARTINI: Doutor em Engenharia Elétrica, Pesquisador, Professor, Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil.

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

E-mail: [martini@unicamp.br](mailto:martini@unicamp.br)

---

Este periódico utiliza a licença *Creative Commons Attribution 4.0*, para periódicos de acesso aberto (*Open Archives Initiative - OAI*).