Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

CALCULADORA CIENTÍFICA DEDICADA A DEFICIENTES VISUAIS

SCIENTIFIC CALCULATOR DESIGNED FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS

Gustavo Henrique de Aguiar Lopes, João Vitor de Oliveira Elias, Yuri Santos Nascimento, Yuri Silva Cruz Storino

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia de Computação
E-mail para contato: gustavohdealopes0@gmail.com

RESUMO – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma calculadora científica acessível destinada a pessoas com deficiência visual, com o objetivo de oferecer uma alternativa aos dispositivos de cálculo convencionais. O projeto foi desenvolvido de forma iterativa, envolvendo a definição do hardware, desenvolvimento do software, pesquisa com o público-alvo e encapsulamento do dispositivo. A calculadora utiliza Raspberry Pi 4, teclas mecânicas, display LCD e recursos de síntese de voz e braile para interação com o usuário. A pesquisa realizada na instituição Lar das Moças Cegas indicou o uso predominante de cálculos mentais pelos participantes. Os testes demonstraram funcionamento adequado, com cálculos rápidos e precisos e impressão consistente e legível. Conclui-se que o projeto apresenta uma alternativa acessível com suporte a cálculos científicos e funções avançadas.

Palavras-chave: Calculadora científica; Acessibilidade; Deficiência visual; Tecnologia assistiva; Raspberry Pi

ABSTRACT – This study presents the development of an accessible scientific calculator designed for people with visual impairments, aiming to provide an alternative to conventional calculation devices. The project was developed iteratively, involving hardware definition, software development, research with the target audience, and device enclosure. The calculator uses a Raspberry Pi 4, mechanical keys with Braille markings, an LCD display, and speech synthesis features for user interaction. Research conducted at the Lar das Moças Cegas institution indicated a predominant use of mental calculations among the participants. The tests demonstrated adequate operation, with fast and accurate calculations and consistent and legible printing. It is concluded that the project provides an accessible alternative for calculation devices, supporting scientific calculations and advanced functions.

Keywords: Scientific calculator; Accessibility; Visual impairment; Assistive technology; Raspberry Pi.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (PAHO), pessoas com deficiência são aquelas que apresentam impedimentos físicos, mentais, intelectuais ou sensoriais de longo prazo que, em interação com diversas barreiras, podem dificultar sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais (OPAS, 2025).

De acordo com a *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde), considera-se cegueira quando a acuidade visual é inferior a 20/500 na escala Snellen, onde o numerador representa a distância do indivíduo até a tabela de optótipos e o denominador indica a distância na qual uma pessoa com visão normal enxerga a mesma linha, já no Brasil, é considerada cega a pessoa que possui uma acuidade visual no melhor olho inferior a 20/400 ou quando o campo visual é igual ou inferior a 20 graus; a ocorrência simultânea de ambas as condições também é considerada cegueira (OPAS/OMS, 2019)

Diante dos diversos desafios, é fundamental compreender não apenas suas características clínicas, mas também os impactos sociais e emocionais na vida das pessoas que as vivenciam. Diante disso, torna-se necessário desenvolver métodos de acessibilidade como o sistema braile que foi desenvolvido pelo francês Louis Braille (1809–1852), que após um acidente, ficou completamente cego aos cinco anos de idade. Em 1824, com apenas 15 anos, Louis Braille adaptou o alfabeto em relevo criado por Charles Barbier de la Serre para uso militar, inventou o sistema de escrita por toque, conhecido atualmente como braile, criando então uma forma de dar acesso a conteúdo escrito para aqueles que possuem limitações visuais (JAVIER JIMÉNEZ, 2009).

Em 1887, aos sete anos, uma garota norte americana conhecida como Helen Adams Keller passou a ser lecionada por Johanna Macy, conhecida como Anne Sullivan, que auxiliou Keller a familiarizar objetos com as mãos, soletrar letras e aprender o alfabeto em braile (Chérolet, 2023). Helen se tornou uma escritora e ativista social, conhecida por ser a primeira surdocega a obter um diploma universitário e por ser membra e conselheira em relações nacionais e internacionais da *American Foundation for the Blind* (Fundação Americana para os Cegos), uma organização sem fins lucrativos dedicada a criar e garantir direitos, oportunidades e escolhas para deficientes visuais (Chérolet, 2023).

ISSN 2317-1316

Em 1682, devido a varíola, um garoto chamado Nicholas Saunderson perdeu sua visão, porém com ajuda de seu pai obteve habilidades aritméticas rudimentares. Por não ter a capacidade de usar ferramentas visuais para fazer cálculos, Nicholas desenvolveu um dispositivo aritmético de madeira com grades de 9 buracos, onde Nicholas representaria os números de 0 até 9 em cada grade (The Royal Society , sd). Nicholas na sua vida se tornou professor lucasiano de matemática em Cambridge, ocupando a mesma cátedra que havia sido de Isaac Newton e seu sistema de cálculo ficou conhecido como aritmética de Saunderson (TATTERSALL, 1992).

Ambos os casos demonstram a importância de introduzir métodos sensoriais, o braile e outras variadas técnicas de desenvolvimento para enfrentar as barreiras dos deficientes visuais durante o aprendizado.

Atualmente, ferramentas como ábaco e soroban são utilizadas como recurso pedagógicos por pessoas com deficiência visual, devido ao seu caráter tátil. Entretanto, ao comparar esses equipamentos com ferramentas de cálculo modernas, existem poucas ferramentas que oferecem o mesmo caráter tátil para cálculos mais avançados. O design baseado em telas pequenas, teclas pouco perceptíveis ao tato e ausência de *feedback* sonoro dificulta a permanência de pessoas cegas no ensino superior em cursos de exatas. Embora hoje existam *softwares* e calculadoras acessíveis em computadores e dispositivos móveis, a própria calculadora do sistema operacional Windows possui acessibilidade sonora, ainda há carência de soluções específicas que aliem portabilidade e acessibilidade tátil (PAIXÃO BORGES & SEGADAS-VIANNA, 2025).

O objetivo deste projeto é desenvolver uma calculadora científica portátil adaptada com recursos de acessibilidade para deficientes visuais, visando promover a inclusão e melhorar a experiência de uso por pessoas com deficiência visual no ensino superior, por meio de recursos sensoriais de áudio e braile.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto está organizado em quatro componentes principais: *hardware*, *software*, pesquisa e encapsulamento. Cada um desses elementos desempenha papel fundamental no funcionamento, na acessibilidade e na implementação da calculadora científica

ISSN 2317-1316

proposta. Inicialmente foram levantadas as necessidades do público-alvo. Em seguida foram definidos o *hardware* e *software* que seriam utilizados no projeto. Posteriormente, foram realizados testes funcionais em ambos de forma separada. Por fim, o encapsulamento foi projetado mantendo todos os componentes do projeto em mente visando a ergonomia e facilidade de uso.

Com o objetivo de compreender as necessidades do público-alvo, foi realizada uma visita ao Lar das Moças Cegas, a fim de observar o contexto de utilização e levantar requisitos relacionados às necessidades dos potenciais usuários da calculadora desenvolvida. Com o intuito de coletar informações diretamente do público-alvo, foi elaborado um formulário por meio da plataforma Google Forms.

As funcionalidades e características de acessibilidade foram definidas com base nas informações obtidas durante a visita ao Lar das Moças Cegas e por meio do formulário aplicado. A partir desse levantamento, foram estabelecidos requisitos relacionados à identificação das teclas, aos retornos visual e sonoro e à viabilidade da utilização de uma tela auxiliar.

O *hardware* do projeto é composto pelos principais componentes eletrônicos e estruturais, responsáveis pelo desenvolvimento e funcionamento adequado do sistema, sendo estes, o uso de um Raspberry Pi 4 Model B 4GB, 39 *switches* Cherry Mx Red como forma de entrada de dados, um *display* LCD de 4,3 polegadas, um módulo de bateria UPS HAT para Raspberry Pi e uma Placa de Circuito Impresso desenvolvida utilizando a ferramenta KiCad e confeccionada pela empresa JXD Eletronics. Todos os componentes são alimentados por um módulo de bateria UPS HAT da WaveShare que utiliza duas baterias de lítio 18650 e fornece uma saída regulada de 5 volts ao Raspberry Pi por meio do *header* GPIO.

No contexto do projeto, o UPS HAT alimenta o Raspberry Pi que é responsável por interpretar os sinais enviados ao pressionamento das teclas. O acionamento da tecla gera um sinal elétrico que é encaminhado pela PCI ao Raspberry Pi. O sinal então é interpretado pelo *software*, convertido no comando correspondente e encaminhado para as camadas de processamento e apresentação, resultando na exibição das informações no *display* LCD, que serve como *display* auxiliar do dispositivo para a visualização de um professor ou acompanhante e reprodução de *feedback* por áudio.

ISSN 2317-1316

As teclas são feitas via impressão 3D utilizando PLA, incorporando identificação tátil em braile. Durante seu desenvolvimento foram consideradas, como referência, as especificações estabelecidas pela ABNT NBR 9050 para as características dos pontos braile. A norma estabelece as condições gerais de acessibilidade em edificações, na qual, no item 5.2.9.2 é definido as diretrizes para sinalização linguagem tátil, para que as marcações em braile estejam de acordo com a norma é necessário que os pontos tenham o formato esférico com arestas arredondadas, altura do ponto entre 0,6 e 0,8 mm e o diâmetro entre 1,2 e 2,0 mm (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021). Ressalta-se que o projeto não possui certificação de conformidade com a ABNT NBR 9050, tendo suas características sido desenvolvidas com base nas recomendações e especificações da norma.

A legibilidade das inscrições em braile foi verificada informalmente durante a visita ao Lar das Moças cegas para avaliar a qualidade do material e se o espaçamento em braile nas teclas é legível, também foi realizada uma pesquisa via plataforma Google Forms a fim de observar o contexto de utilização e levantar requisitos relacionados às necessidades dos potenciais usuários da calculadora desenvolvida.

O *software* foi desenvolvido na linguagem Python e se divide em duas camadas complementares. A primeira camada realiza a entrada de dados sendo constituída pela leitura das teclas via GPIO, identificação dos comandos e tratamento do sinal. A segunda camada é responsável pelo processamento dos cálculos, design da interface, reprodução de áudio e tratamento dos resultados, sendo também encarregada de relatar possíveis erros de execução.

Durante o funcionamento, o usuário pressiona a tecla e o Raspberry obtém o sinal elétrico quando a tecla atinge o ponto de ativação. Esse sinal é então encaminhado à camada de processamento, responsável por interpretá-lo e convertê-lo em texto. O resultado é apresentado na camada de interface, cuja parte visual é desenvolvida utilizando a biblioteca Tkinter. Paralelamente, a camada lógica, desenvolvida com as bibliotecas Math e NumPy, realiza os cálculos, enquanto a ferramenta Piper TTS é responsável pela reprodução, por meio de áudio, dos resultados e das ações correspondentes às teclas pressionadas pelo usuário.

A estrutura física do sistema é projetada de forma compacta, garantindo espaço adequado para acomodar a PCI e os demais componentes eletrônicos. O encapsulamento foi

ISSN 2317-1316

confeccionado em filamentos PLA e ABS, materiais amplamente utilizados em prototipagem devido ao baixo custo, resistência mecânica e facilidade de modelagem. A confecção foi realizada por meio de impressão 3D, possibilitando a rápida produção de protótipos e eventuais ajustes dimensionais. Na lateral superior, a calculadora possui um conector P2 para fone, porta HDMI, conector *DC Power Jack* e um botão de ligar e desligar.

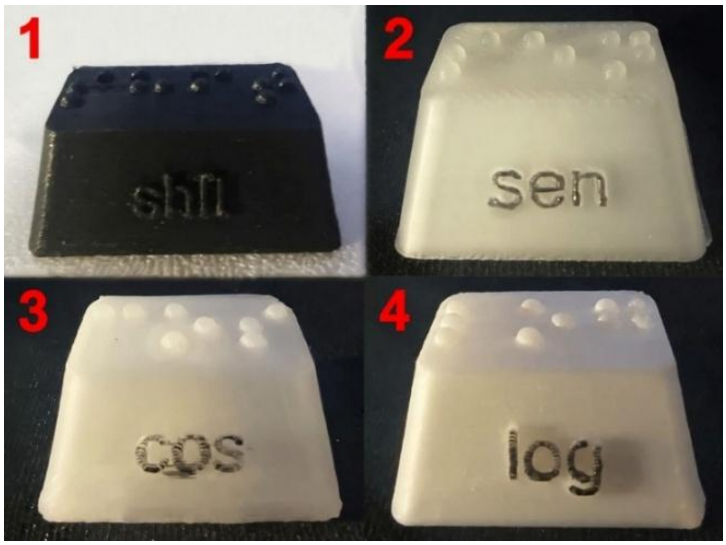
Durante o desenvolvimento, foram realizados testes para avaliar diferentes aspectos do projeto, abrangendo acessibilidade, usabilidade, funcionamento do *software*, integração dos componentes eletrônicos e construção física do protótipo. No software, foram avaliadas operações aritméticas básicas, funções científicas, expressões matemáticas complexas, precisão numérica e tratamento de exceções. Para a execução do sistema no Raspberry Pi 4, foi utilizada uma imagem baseada no Alpine Linux, posteriormente customizada e compilada com os recursos e dependências necessários ao funcionamento da calculadora. Foram avaliadas diferentes configurações dessa imagem, buscando reduzir o tempo de inicialização do dispositivo sem comprometer as funcionalidades necessárias ao funcionamento do sistema. No *hardware*, foram realizados testes de conexão elétrica e funcionamento dos circuitos, com o objetivo de verificar a integração e o correto funcionamento dos componentes eletrônicos. Quanto ao encapsulamento, foram avaliados diferentes materiais, configurações de impressão e formas de montagem das teclas e da estrutura física, buscando obter uma construção semelhante à de um teclado convencional, com disposição adequada dos componentes e condições apropriadas para a interação do usuário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, a impressão das teclas apresenta-se consistente, com poucos erros. Entretanto, as primeiras unidades produzidas apresentaram limitações quanto ao acabamento e à padronização das marcações, o que comprometeu parcialmente a legibilidade tátil, em função do material e das configurações de impressão utilizadas. Os resultados indicaram que o material escolhido foi adequado à produção das teclas, apresentando bom acabamento, uniformidade das marcações e percepção tátil dos símbolos, conforme a Figura 1.

Figura 1: Etapas da impressão 3D das teclas

ISSN 2317-1316



Após os testes com a imagem do sistema, foram realizadas medições, utilizando um cronômetro digital, obtendo-se um tempo de inicialização de aproximadamente 34 segundos, considerando o intervalo entre o acionamento do dispositivo e o momento em que a calculadora se encontrava funcional, com o *display* ligado. Embora não tenha sido estabelecido um tempo de inicialização como requisito do projeto, o resultado obtido foi considerado adequado ao uso proposto, uma vez que a inicialização ocorre apenas no início da utilização do dispositivo e não interfere diretamente nas operações realizadas durante seu funcionamento.

Os testes realizados no *software* demonstraram o funcionamento das operações matemáticas implementadas na calculadora científica. Os resultados obtidos nos testes de cálculo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores obtidos nos ensaios realizados em laboratório.

Categoria	Teste realizado	Resultado esperado	Resultado obtido
Operação básica	$\mathbf{5 + 3}$	8	8
Operadores associados	$\mathbf{10 - 3 - 2}$	5	5
Potenciação encadeada	$\mathbf{2^{3^2}}$	512	512
Logaritmo	$\boldsymbol{log_2(1024)}$	10	10
Identidade trigonométrica	$\boldsymbol{sen^2(x) + \cos^2(x)}$	1	1
Operação com números decimais	$\mathbf{0,1 + 0,2}$	0,3	0,3

ISSN 2317-1316

Expressão científica complexa	$\frac{\sqrt{144} + 5^3 - log(1000)}{sen(30) + \cos(60)} + ln(e^2)$	136	136
Divisão por zero	$\frac{10}{0}$	Erro	Erro
Logaritmo inválido	$log(-5)$	Erro	Erro

Os resultados obtidos indicam que a calculadora apresenta comportamento consistente para os cenários avaliados, produzindo resultados compatíveis com os valores matemáticos esperados e identificando corretamente situações de erro. Durante os testes de cálculo, também foi verificado o funcionamento da reprodução de áudio por *software*, observando-se a correspondência entre a tecla pressionada e o retorno sonoro produzido pela calculadora. A reprodução de áudio apresentou funcionamento adequado de acordo com as teclas acionadas. O uso do Piper TTS e do pacote de voz escolhido reduziu o tom robótico apresentado pelo eSpeak, melhorando a compreensão durante o uso com fone de ouvido.

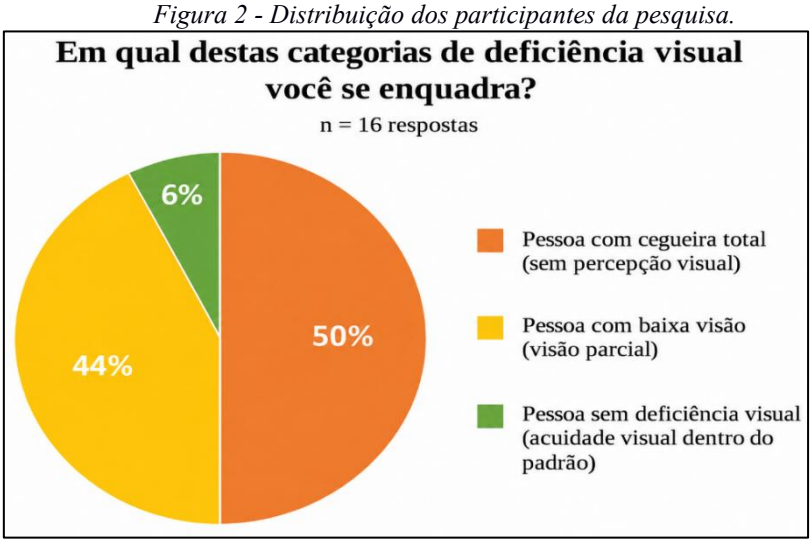
Em relação aos testes de *hardware*, observou-se resposta consistente ao acionamento das teclas durante os testes, sem ocorrências de clique duplo nas teclas. A conexão dos *switches* aos *sockets* soldados na PCI permaneceu estável. A placa apresentou funcionamento adequado, sem interrupções nas conexões das trilhas. Além disso, os conectores JST série XH proporcionaram conexões externas firmes com o Raspberry Pi 4. Também foi realizado um teste de autonomia da bateria, com a calculadora em estado de repouso, sem interação do usuário e com o LCD ligado, a partir de uma carga completa. O equipamento permaneceu ligado por aproximadamente 1 hora e 30 minutos.

Referente ao encapsulamento, suas dimensões foram influenciadas pelos componentes utilizados e pela necessidade de as teclas em braile precisarem seguir uma formatação específica, o que, como consequência, aumenta o tamanho do projeto. O encapsulamento foi impresso em 3D usando o mesmo material das teclas e suas dimensões são suficientes para armazenar todos os componentes, tendo aproximadamente 31,4 cm de largura com 13,4 cm de comprimento. Os conectores presentes na lateral superior estão funcionais e apresentam fácil acesso.

ISSN 2317-1316

Quanto aos resultados da pesquisa realizada por meio do Google Forms, foram obtidas 16 respostas, incluindo participantes com visão parcial, perda total da visão e pessoas que auxiliam ou convivem com pessoas com deficiência visual.

Figura 2 - Distribuição dos participantes da pesquisa.



Entre os participantes, 12 dos 14 (85,7%) relataram nível de dificuldade igual ou superior a 3, em uma escala de 0 a 5, na questão relacionada à dificuldade em matemática, conforme apresentado na Figura 3. Além disso, o cálculo mental foi identificado como o principal método utilizado para a realização de operações matemáticas (Figura 4). Esse resultado indica que a maioria dos participantes apresentou nível de dificuldade relevante em matemática. Além disso, observou-se menor utilização de ferramentas auxiliares para a realização dos cálculos, o que reforça a necessidade de uma solução que ofereça uma alternativa acessível..

Figura 3 – Distribuição dos participantes quanto à dificuldade em matemática..

ISSN 2317-1316

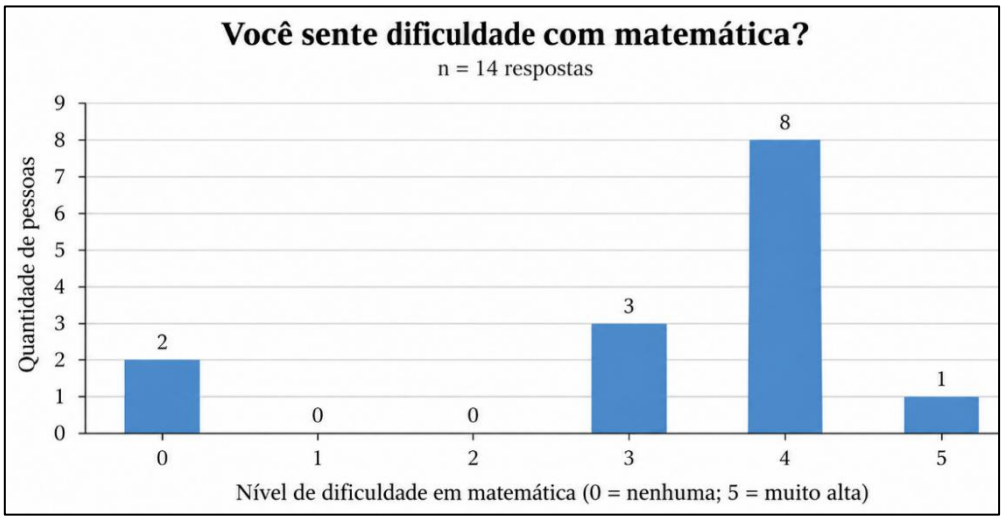
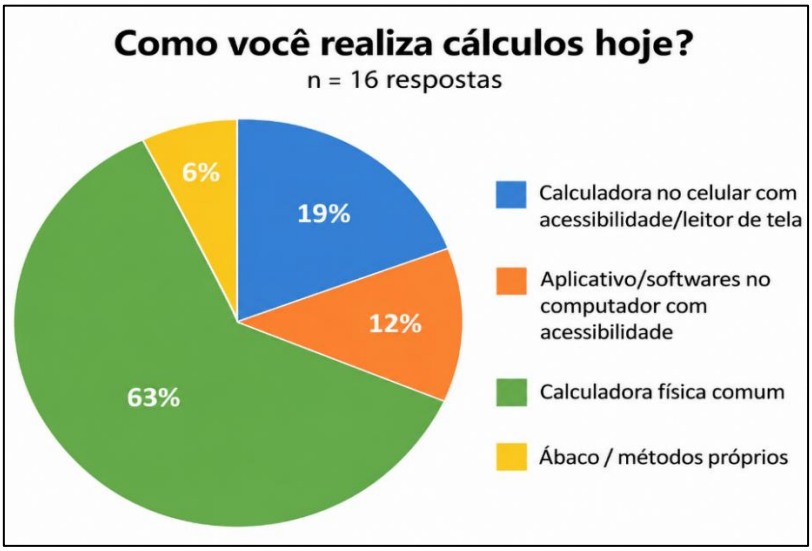


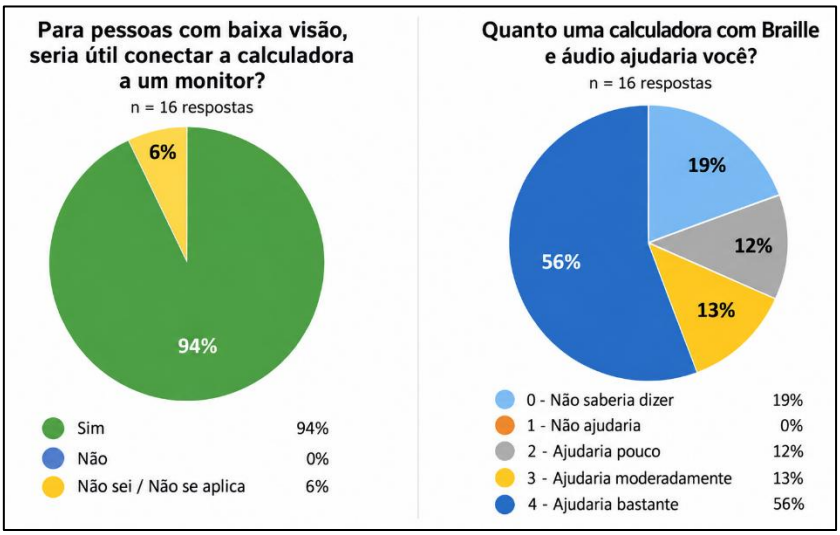
Figura 2: Métodos de cálculo utilizados pelos participantes.



Quanto às demais questões do formulário, a maioria dos participantes considerou que as teclas com marcações em braile poderiam contribuir para o uso da calculadora. Também foi indicada a utilidade de um *display* lateral visível para acompanhantes. Além disso, 15 participantes (93,8%) consideraram que a conexão a monitores externos poderia contribuir para a inclusão de usuários com baixa visão (Figura 5), enquanto 12 participantes consideraram que a calculadora poderia oferecer muita ou bastante ajuda (Figura 5).

ISSN 2317-1316

Figura 3: Utilidade da conexão da calculadora a um monitor e auxílio proporcionado pela calculadora com Braille e áudio



Após a avaliação dos critérios estabelecidos para o projeto, foi realizada a montagem completa da calculadora, contemplando os requisitos e características previamente definidos (Figura 6).

Figura 6: Calculadora Científica



4 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada na instituição Lar das Moças Cegas indicou que os participantes utilizam principalmente o cálculo mental para a realização de operações matemáticas. Entretanto, os resultados também demonstraram interesse na utilização de uma ferramenta que

ISSN 2317-1316

ofereça recursos acessíveis para a realização de cálculos, evidenciando a existência de um público que pode se beneficiar da proposta desenvolvida. Dessa forma, a pesquisa contribuiu para demonstrar a relevância da calculadora como uma alternativa acessível para auxiliar usuários com deficiência visual na realização de cálculos.

Considerando os objetivos definidos, o protótipo apresentou resultados positivos durante os testes, com cálculos realizados de forma rápida e precisa, teclas com impressão consistente e encapsulamento capaz de proteger os componentes de forma segura, mantendo dimensões relativamente compactas. Esses resultados demonstram que a calculadora desenvolvida atende à proposta de oferecer uma alternativa acessível para a realização de cálculos, integrando recursos táteis, visuais e de áudio em um único dispositivo. Além disso, os testes realizados evidenciaram o funcionamento adequado dos principais recursos implementados no protótipo.

Como diferencial, o projeto disponibiliza recursos voltados à realização de cálculos científicos e funções mais avançadas, ampliando as possibilidades de utilização do dispositivo. Assim, os resultados obtidos demonstram a viabilidade da calculadora desenvolvida, que combina interação por meio de teclas com Braille, saída de áudio, display e recursos para cálculos científicos. Dessa forma, o projeto apresenta uma alternativa funcional e acessível para auxiliar usuários com deficiência visual na realização de diferentes tipos de cálculos.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Declaração de Uso de IA: Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta ChatGPT, da OpenAI com o modelo GPT-5.6 e 6.1 Sol como apoio na revisão e aprimoramento textual, incluindo correções ortográficas e gramaticais, análise de coerência e coesão, clareza, concisão e adequação da linguagem acadêmica. O conteúdo gerado ou sugerido pela ferramenta foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo conteúdo e pela versão final do trabalho.

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2021). ABNT NBR 9050. Em A. B. Técnicas, *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.*

ISSN 2317-1316

Chérolet, B. (25 de 07 de 2023). *Conheça Helen Adams Keller*. Acesso em 17 de 07 de 2025, disponível em educamaisbrasil: https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/carreira/conheca-helen-adams-keller

JAVIER JIMÉNEZ, J. O. (02 de 2009). *Biography of Louis Braille and Invention of the Braille Alphabet*. Acesso em 3 de 08 de 2025, disponível em ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039625708001860

OPAS. (08 de 08 de 2025). *Deficiência*. Fonte: PAHO: https://www.paho.org/pt/topicos/deficiencia

OPAS/OMS. (2019). *Organização Mundial da Saúde lança primeiro relatório mundial sobre visão*. Acesso em 20 de 08 de 2025, disponível em OPAS: https://www.paho.org/pt/noticias/8-10-2019-organizacao-mundial-da-saude-lanca-primeiro-relatorio-mundial-sobre-visao

PAIXÃO BORGES, P., & SEGADAS-VIANNA, C. C. (13 de agosto de 2025). *A inclusão de estudantes com deficiência visual no Ensino Superior em cursos de exatas: um relato de caso.* Acesso em 18 de agosto de 2025, disponível em Revistas PUCSP: https://revistas.pucsp.br/index.php/emd/article/view/49550

TATTERSALL, J. J. (1992). *Nicholas Saunderson: The blind Lucasian professor*. Fonte: ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/031508609290002S

The Royal Society . (sd). *The Royal Society*. Fonte: Nicholas Saunderson FRS — Royal Society: https://royalsociety.org/about-us/who-we-are/diversity-inclusion/case-studies/scientists-with-disabilities/nicholas-saunderson/