PAQUÍMETRO ACESSÍVEL: DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA MEDIÇÃO POR PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Alice Moreira Araújo Lopes, Sayd Farage David, Marcelo Chagas

Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia Engenheiro Fabiano Vivácqua, nº1.568, Morro Grande, 29322-000, Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil, moreiraaraujolopes@gmail.com ; marcelo.chagas@ifes.edu.br, saydfd@ifes.edu.br

Resumo:
A utilização de instrumentos de medição em oficinas e laboratórios pode apresentar barreiras para pessoas cegas ou com baixa visão, principalmente na leitura de escalas e displays. Este trabalho tem como objetivo desenvolver duas soluções de adaptação para paquímetros. Na primeira proposta, um paquímetro convencional analógico foi associado a uma webcam fixada por meio de suporte produzido em impressão 3D, ampliando a escala em uma tela. Na segunda, foi utilizado um paquímetro digital conectado a um computador, possibilitando a comunicação audível dos resultados. A avaliação indicou que a primeira solução favoreceu a visualização ampliada da escala, enquanto a segunda apresentou mais ampla acessibilidade. Os resultados são compatíveis com pesquisas que empregam interfaces táteis e sonoras para adaptar instrumentos científicos a estudantes com deficiência visual. Conclui-se que diferentes estratégias de apresentação da informação podem reduzir barreiras na utilização de instrumentos de medição, embora sejam necessários testes futuros com usuários para avaliar sistematicamente usabilidade, autonomia e precisão.

Palavras-chave: Tecnologia assistiva. Acessibilidade. Deficiência visual. Paquímetro. Metrologia.

Área do Conhecimento: Técnico

Introdução:

A medição dimensional constitui uma atividade fundamental em oficinas, laboratórios e processos de ensino relacionados às áreas de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. O paquímetro permite determinar dimensões externas, internas e profundidades com resolução entre 0,05 a 0,01 mm, sendo de ampla aplicação. Entretanto, sua utilização depende da interpretação visual da escala graduada ou, nos modelos digitais, a visualização de um display. Essa característica pode constituir uma barreira para pessoas cegas ou com baixa visão, conforme identificado no desenvolvimento deste projeto, no qual as escalas reduzidas dos modelos convencionais e a ausência de recursos acessíveis nos modelos digitais foram consideradas problemas de partida.

A acessibilidade educacional não se limita ao acesso físico aos espaços escolares, mas envolve condições para participação e aprendizagem. A Lei Brasileira de Inclusão estabelece a acessibilidade como direito da pessoa com deficiência e reconhece a tecnologia assistiva como recurso destinado a ampliar autonomia, independência e participação (BRASIL, 2015). A Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência também estabelece a acessibilidade e a participação plena e efetiva como princípios fundamentais (BRASIL, 2009). Em ambientes de educação profissional e tecnológica, a disponibilidade de materiais e recursos acessíveis permanece um desafio. Estudo recente sobre a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica identificou carência de tecnologias assistivas e materiais didático-pedagógicos acessíveis, além de limitações de recursos e profissionais especializados (MENDES et al., 2024).

A literatura apresenta diferentes estratégias para superar barreiras relacionadas à informação visual. Tomac, Bidleman e Brown (2016) desenvolveram uma escala Vernier tátil de baixo custo para estudantes cegos, permitindo a realização de medições por exploração tátil. Em outra abordagem, Vitoriano et al. (2016) desenvolveram um termômetro acessível que utilizava sinais sonoros e vibração para comunicar a temperatura a estudantes com deficiência visual. Essas pesquisas indicam que a adaptação de instrumentos pode ocorrer pela substituição ou complementação da modalidade sensorial utilizada para apresentar os resultados.

Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver duas soluções de adaptação de paquímetros para reduzir barreiras relacionadas à leitura dos resultados por pessoas com deficiência

visual, explorando uma estratégia de ampliação visual e outra de comunicação digital-auditiva, e comparar suas possibilidades de utilização em atividades práticas de ensino.

Metodologia:

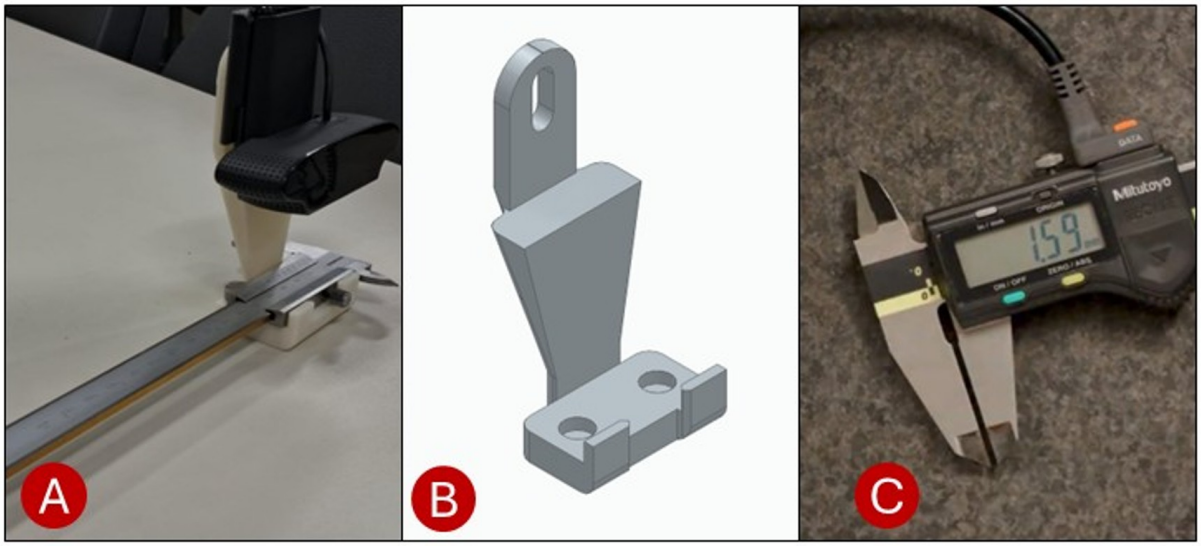
A primeira proposta, destinada a pessoas com baixa visão, empregou um paquímetro convencional analógico com resolução de 0,02mm associado a uma webcam Full Hd (FIG 1-A). Para posicionar a câmera foi desenvolvido um suporte no software SolidEdge 2014 e posteriormente produzido por impressão 3D (FIG 1-B). A fixação do paquímetro ao suporte foi feita por dois imãs de neodímio de 10mm de diâmetro por 4 mm de altura. A webcam captura a escala do instrumento e transmite a imagem para computador onde é ampliada no monitor.

O sintetizador de voz utilizado nesta proposta é o mecanismo nativo de Texto para Fala (TTS - *Text-to-Speech*) do próprio sistema operacional Windows, gerenciado pelo Microsoft Excel. O comando VBA *Application.Speech.Speak* não cria uma voz própria, mas funciona acionando a voz padrão do Windows configurada no computador. O código VBA segue transcrito abaixo:

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
    ' 1. Verifica se a alteração foi feita na Coluna A (Coluna 1)
    If Target.Column = 1 Then
        ' 2. Verifica se a célula não está vazia e se o conteúdo é um número
        If IsNumeric(Target.Value) And Not IsEmpty(Target) Then
            ' 3. Fala o número inserido de forma assíncrona (sem travar o Excel)
            Application.Speech.Speak Target.Value, SpeakAsync:=True
        End If
    End If
End Sub
```

Na segunda proposta, utilizou-se um paquímetro digital de 150mm com interface de saída de dados. Um cabo USB ITN-C conecta o paquímetro ao computador inserindo os valores em uma planilha onde ficam registrados (FIG 1-C). Através de uma macro configurada na planilha, a cada registro o valor é comunicado em voz alta pelo sistema de som.

Figura 1. A-Montagem do paquímetro com webcam. B-Modelo 3D do suporte da câmera. C-Paquímetro digital com cabo de dados



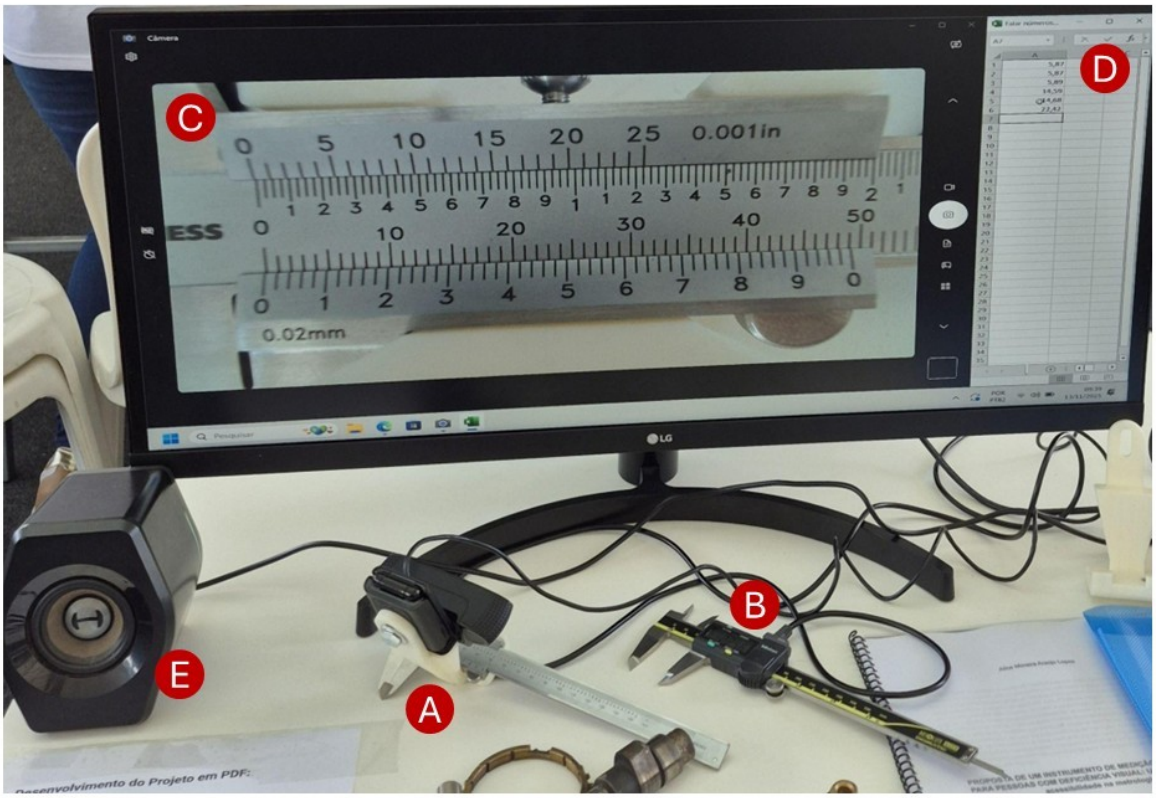
Fonte: Autor (2026).

As soluções podem ser utilizadas simultaneamente compartilhando o computador. Ambas foram analisadas funcionalmente considerando a forma de apresentação da informação, dependência de

leitura visual, automação, complexidade, possibilidade de uso em ambiente educacional e potencial de autonomia.

Resultados:
A Figura 2 apresenta a montagem de ambas as soluções, onde podemos destacar o paquímetro analógico montado com a webcam (A), o paquímetro digital com seu cabo de transferência de dados (B), o vídeo em tempo real apresentando a leitura do paquímetro analógico com a webcam C, a planilha de dados para registro e apresentação dos valores medidos (D) e a caixa de som para emissão do valor medido em voz alta (E).

Figura 2 – Mesa de trabalho contendo as soluções apresentadas e seus detalhes



Fonte: Autor (2026).

A primeira solução teve resultado muito positivo, onde foi possível visualizar a medição na tela com clareza de imagem em tempo real. É possível , conforme a necessidade, adotar telas maiores para pessoas com maior nível de baixa visão. O suporte produzido por impressão 3D manteve a câmera posicionada de forma estável e firme sendo possível a montagem e desmontagem do paquímetro de forma rápida e fácil por ser uma conexão magnética. O suporte não gerou um grande impacto na manuseabilidade do equipamento, sendo o único ponto negativo a ser relatado o aumento de peso devido ao suporte e a câmera perda da portabilidade deste. A proposta destacou-se pela clareza visual e pela possibilidade de acompanhar a medição em tempo real.

A solução utilizando o paquímetro digital tem a capacidade de atender tanto o público de baixa visão ampliando os valores apresentados na planilha e emitindo o som, quanto cegos com a apresentação sonora da medição, se tratando assim de uma solução mais robusta. O equipamento de medição permanece leve e ergonômico, sem apresentar alterações no seu uso, exceto a perda de portabilidade devido ao cabo. Um ponto a se observar nesta solução são os custos dos equipamentos envolvidos que são sensivelmente mais caros que a primeira solução.

A tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 1 - Síntese dos resultados

Característica	**Proposta 1**	**Proposta 2**
Ampliação da escala	Sim	Não é o objetivo
Comunicação sonora	Não	Sim
Registro automático	Não	Sim
Dependência de leitura visual	Sim	Não
Complexidade	Menor	Maior
Recursos adicionais	Computador; Suporte	Computador; Cabo
Público potencial	Baixa visão	Cegueira e baixa visão
Potencial de autonomia	Moderado/alto	Alto
Custo relativo	Menor	Maior

Fonte: Autor (2026)

Discussão:

Os resultados indicam que a adaptação de instrumentos convencionais pode reduzir barreiras em atividades práticas, em consonância com pesquisas sobre tecnologia assistiva e inclusão educacional. Leria, Benitez e Fraga (2021), em revisão sobre tecnologias assistivas para estudantes com deficiência visual, destacam a importância do acesso equitativo e independente à informação. No presente trabalho, esse princípio aparece de maneiras diferentes nas duas soluções: a primeira amplia a informação visual existente, enquanto a segunda modifica sua forma de apresentação.

A comparação com Tomac, Bidleman e Brown (2016) é particularmente relevante. Os autores modificaram a interface do instrumento para possibilitar leitura tátil por uma estudante cega. A primeira solução deste trabalho adota estratégia distinta, mantendo o instrumento convencional e ampliando opticamente a escala. Assim, as duas propostas podem ser consideradas complementares: a interface tátil é especialmente adequada quando a informação visual não está disponível ao usuário, enquanto a ampliação pode beneficiar pessoas com baixa visão.

A segunda solução aproxima-se do princípio empregado por Vitoriano et al. (2016), que converteram a informação de um instrumento científico em estímulos sonoros e vibratórios. No presente trabalho, a grandeza comunicada é a dimensão medida pelo paquímetro. Essa conversão permite que o resultado seja acessado sem a interpretação visual do display, ampliando o potencial de participação independente em atividades de medição.

A utilização de impressão 3D também se mostra pertinente. O suporte desenvolvido especificamente para a webcam demonstra como a fabricação aditiva pode produzir adaptações personalizadas para instrumentos existentes. Essa característica é relevante em ambientes escolares e técnicos, nos quais a substituição integral dos equipamentos pode ser inviável. Entretanto, a existência de um recurso não garante sua efetividade para todos os usuários. É necessário considerar características individuais, contexto de uso, ergonomia e facilidade de operação.

Como um trabalho futuro seria necessária a validação dos equipamentos pelo público para enfim refinar seus conceitos e atender aos requisitos de uso em ambiente industrial e acadêmico.

Conclusão:

Foram desenvolvidas duas soluções para reduzir barreiras na utilização de paquímetros por pessoas com deficiência visual. A primeira utilizou webcam e suporte produzido por impressão 3D para ampliar a escala do instrumento; a segunda empregou um paquímetro digital conectado a computador, com transferência dos dados e comunicação audível. As propostas apresentaram características complementares: a primeira possui menor complexidade e maior afinidade com usuários que utilizam informação visual ampliada, enquanto a segunda apresenta maior automação e potencial para reduzir a dependência da leitura visual.

Os resultados são coerentes com trabalhos anteriores que utilizam interfaces táteis e sonoras para tornar instrumentos científicos mais acessíveis. Conclui-se que a adaptação de equipamentos convencionais constitui uma possibilidade relevante para ampliar a participação em atividades práticas de aprendizagem. Como continuidade, recomenda-se a realização de testes com pessoas cegas e com baixa visão, de modo a avaliar sistematicamente usabilidade, autonomia, precisão e adequação das soluções.

Referências:

BRASIL. **Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009.** Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo. Brasília, DF, 2009.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015.** Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015.

LERIA, L. A.; BENITEZ, P.; FRAGA, F. J. **Assistive technology in large-scale assessments for students with visual impairments: a systematic review and recommendations based on the Brazilian reality.** Education and Information Technologies, v. 26, p. 3543–3573, 2021. DOI: 10.1007/s10639-020-10419-6.

MENDES, A. C.; SOUZA, L. P.; RIBEIRO, C. **A. Inclusão de alunos com deficiência na rede federal** EPT: infraestrutura, tecnologia assistiva e materiais didáticos. Revista ComCiência, 2024.

TOMAC, M.; BIDLEMAN, C.; BROWN, D. **Homemade wooden Vernier scales for use by blind students.** The Physics Teacher, v. 54, n. 5, p. 285–287, 2016. DOI: 10.1119/1.4947156.

VITORIANO, F. A.; TELES, V. L. G.; RIZZATTI, I. M.; LIMA, R. C. P. de. **Promoting inclusive chemistry teaching by developing an accessible thermometer for students with visual disabilities**. Journal of Chemical Education, v. 93, n. 12, p. 2046–2051, 2016. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00162.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio ao desenvolvimento do projeto.