

Desenho universal de Tecnologia Assistiva para o ensino de violino com foco em pessoas cegas

¹Vinicius Luiz Lisboa Miguel, ¹Andre Vitkoski Diogo dos Santos, ¹Vanessa Teixeira, ¹Alvaro Ricardo Ferreira Bento Junior, ¹Piter Pauvelz Cusatis, ¹Daniel Carvalho Micol, ²Ellen Carolina Ott, ²Leônia Gabardo Negrelli, ¹Flávio Issao Kubota, ¹Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR -LABERG)

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

DOI 10.52050/9788579177255-12

RESUMO

O presente trabalho analisa o design, usabilidade e aplicação prática de acessórios assistivos para o estudo prático de violino no desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva, Open Source, no contexto de estudantes cegos sem acesso a muitos recursos. A metodologia adotou os princípios do Design Centrado no Usuário, integrando a fabricação digital por impressão 3D com sessões iterativas de apresentação, avaliação e testes dos produtos com os alunos e especialistas. Foram desenvolvidos e testados três artefatos complementares: moldes táteis para as cravelhas, um apoio para localização de notas no braço do instrumento e um guia magnético para o arco (colimador). Os resultados indicam que o envolvimento direto dos usuários finais e a aplicação do método científico permitiram aprimoramentos cruciais: os moldes para cravelhas mostraram-se eficazes como guia de orientação espacial tátil, e o guia para o arco evoluiu para um sistema magnético estável e seguro, enquanto o apoio de braço foi cientificamente descartado por interferir negativamente na técnica e na acústica. Conclui-se que o uso da manufatura aditiva para a concepção de ferramentas de Tecnologia Assistiva é viável, supera a limitação de artefatos importados de alto custo e contribui ativamente para o engajamento e a democratização do estudo musical. A experiência consolida a importância da integração entre pesquisa, ensino e extensão, alinhando-se aos objetivos estratégicos do NAPI-TA na disseminação do conhecimento e na redução de barreiras sociais.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Acessibilidade. Design Centrado no Usuário. Desenho Universal.

ABSTRACT

This study analyzes the design, usability, and practical application of assistive accessories for practical violin study in the development of open-source assistive technology products, specifically for blind students who lack access to many resources. The methodology adopted the principles of User-Centered Design, integrating digital fabrication via 3D printing with iterative sessions of product presentation, evaluation, and testing with students and experts. Three complementary devices were developed and tested: tactile molds for the tuning pegs, a support for locating notes on the instrument's neck, and a magnetic guide for the bow (collimator). The results indicate that the direct involvement of end users and the application of the scientific method enabled crucial improvements: the fingerboard templates proved effective as a tactile spatial orientation guide, and the bow guide evolved into a stable and secure magnetic system, while the arm support was scientifically ruled out for negatively interfering with playing technique and acoustics. It is concluded that the use of additive manufacturing for the design of Assistive Technology tools is feasible, overcomes the limitation of high-cost imported devices, and actively contributes to engagement and the democratization of music education. This experience reinforces the importance of integrating research, teaching, and outreach, aligning with NAPI-TA's strategic objectives in the dissemination of knowledge.

Keywords: Assistive Technology. Accessibility. User-centered Design. Universal Design

1. INTRODUÇÃO

A aprendizagem musical representa uma importante ferramenta de desenvolvimento cognitivo e inclusão social. Para as pessoas com deficiência visual (cegas ou com baixa visão), a música enriquece a vida diária, promove a auto expressão e o envolvimento social, ajudando a desenvolver um senso de comunidade (BAKER; GREEN, 2018; MACK et al., 2021). Como esse público utiliza ativamente a audição para compensar a falta de visão, a prática musical torna-se uma fonte de prazer pessoal (LU et al., 2023) e deve ser vista não apenas como uma habilidade isolada, mas como uma atividade que facilita a integração na sociedade e pode até mesmo gerar oportunidades de trabalho (ZHANG et al., 2025).

Apesar dessa importância e dos efeitos positivos, o ensino de música para pessoas com deficiência visual enfrenta desafios estruturais significativos,

caracterizados por uma notável carência de recursos pedagógicos adequados (PINO; VILADOT, 2019). O ambiente de ensino musical tradicional baseia-se fortemente em métodos visuais, como o uso de partituras convencionais e demonstrações gestuais feitas por professores. No caso de instrumentos complexos como o violino, as barreiras são ainda maiores, pois sua prática exige o controle preciso da postura e do arco (SUZUKI, 1978), além da decodificação simultânea das partituras.

A principal ferramenta de leitura adaptada disponível atualmente é a musicografia Braille, contudo, ela exige um processo contínuo e complexo de leitura tátil, demandando grande capacidade de abstração e memorização. Devido a essas dificuldades no processo contínuo de leitura tátil, muitos estudantes acabam preferindo aprender música “de ouvido”, valendo-se da comparação com gravações de áudio e plataformas como o YouTube (GOLDSTEIN, 2000; BAKER; GREEN, 2016). No entanto, a literatura aponta que o maior obstáculo para a formação do músico com deficiência visual não é a complexidade de aprender o código Braille em si, mas a profunda escassez de partituras que são transcritas para este sistema, o que limita consideravelmente o desenvolvimento e a autonomia do aluno (BONILHA, 2010).

Nesse cenário, pesquisas e buscas extensivas no mercado revelaram uma lacuna crítica: faltam sistemas integrados que combinam o aprendizado teórico musical ao suporte instrumental tátil. Os acessórios físicos para auxiliar o manuseio e estudo do violino que existem no mercado costumam ser importados e possuem um alto custo, o que os torna inviáveis para grande parte dos estudantes.

Diante dessas barreiras, a Tecnologia Assistiva (TA) surge como um campo promissor para promover a inclusão, atuando como uma extensão das capacidades sensoriais dos alunos e criando pontes para o conhecimento (PRITCHARD et al., 2021). Nesse contexto, a fabricação digital por meio da impressão 3D se apresenta como uma solução de baixo custo para o desenvolvimento de alternativas acessíveis (SANCHES, 2023). Assim, levantou-se a seguinte questão de pesquisa: Visto a não democratização de artefatos consolidados no mercado e as barreiras dos métodos tradicionais, como produtos táteis de baixo custo fornecidos ou modelados via manufatura aditiva podem ser integrados no ensino e quão funcionais eles são para o pleno desenvolvimento prático do estudo de violino para pessoas cegas?

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento dos acessórios buscou tornar o contato tátil com o violino mais acessível e facilitar o processo inicial de aprendizagem do

instrumento. Para viabilizar a produção e manter o baixo custo do projeto, optou-se pela utilização de manufatura aditiva (impressão 3D), empregando o filamento plástico PLA.

A partir da análise das dificuldades enfrentadas pelos alunos, foram projetados e fabricados três acessórios complementares:

1. Moldes para cravelhas: Peças impressas em 3D projetadas para envolver as cravelhas do violino, contendo identificação tátil para cada respectiva corda. Para a fabricação dos moldes das cravelhas, optou-se pela manufatura aditiva utilizando impressão 3D em resina. O design priorizou a criação de peças finas e com marcações em Braille em proporções adequadas, assegurando que o dispositivo não atrapalhasse o manuseio do violino. Embora o acabamento estético não tenha sido o foco primário nesta etapa de prototipagem, a fixação dos moldes nas cravelhas originais do instrumento foi realizada utilizando fita dupla face fina de alta qualidade, garantindo a aderência necessária para os testes sem causar danos ao violino.
2. Apoio para localização de notas musicais: Uma peça fixada no braço do violino, que apresenta marcas táteis em relevo. Seu objetivo é guiar o usuário na localização espacial da posição da mão esquerda ao longo do espelho do instrumento para encontrar as notas musicais. A concepção deste acessório seguiu uma abordagem iterativa e empírica. Inicialmente, cogitou-se a aplicação de guias táteis diretamente sobre o espelho do braço do violino de forma análoga aos trastes de violões e baixos, utilizando materiais simples como papel sulfite e fita. Contudo, os testes preliminares demonstraram rapidamente que essa interferência física afetava a acústica do instrumento, alterando completamente o som e prejudicando o estudo e a interpretação das notas. Para contornar esse problema, a equipe projetou um segundo modelo, manufaturado em impressão 3D (PLA), desenhado para ser encaixado na parte de trás do braço do violino, com o intuito de guiar a localização espacial da mão esquerda do usuário sem tocar nas cordas.
3. Guia para o arco: Como as opções de mercado são importadas e de alto custo, a equipe decidiu focar na modelagem 3D deste acessório. O desenvolvimento do colimador exigiu uma extensa prototipagem iterativa. A versão inicial consistiu em uma manufatura baseada em um modelo amador obtido na internet. Contudo, os testes práticos com os alunos cegos revelaram que essa peça não encaixava corretamente e carecia de firmeza quando o estudante encostava o arco no colimador. A partir desse diagnóstico, a equipe estruturou novos modelos para

avaliação estrutural. Foram testadas versões mais firmes, que acabaram apresentando o risco de arranhar e danificar o instrumento, e versões mais largas, que se mostraram instáveis e tendiam a inclinar para uma posição incorreta durante o estudo. Para solucionar definitivamente essas barreiras mecânicas, a última versão do design foi reformulada em um modelo de duas partes conectadas por um ímã. Esse novo mecanismo magnético impede a pressão excessiva (que poderia causar danos ao violino), ao mesmo tempo em que mantém o objeto perfeitamente firme e estável para a execução do movimento paralelo ao cavalete.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação prática dos acessórios foi conduzida por meio de sessões de testes de usabilidade com os próprios estudantes de violino com deficiência visual. Os retornos obtidos indicaram diferentes níveis de eficiência para cada peça:

1. Moldes para cravelhas: O acessório foi considerado um sucesso pelos usuários e especialistas. Os estudantes relataram que a peça facilitou significativamente o processo de afinação, que costuma ser uma barreira complexa para iniciantes. Em relação aos moldes para as cravelhas, os testes práticos revelaram que a solução foi validada e aprovada pela professora especialista como um excelente guia de orientação espacial. O tamanho e o relevo em Braille cumpriram o objetivo de auxiliar o aluno cego a identificar corretamente qual corda está prestes a manusear. No entanto, observou-se que, mesmo com esse auxílio tátil de localização, o ato mecânico de afinar o violino com precisão permanece sendo um desafio complexo para pessoas com deficiência visual. Diante dessa limitação, aponta-se como trabalho futuro a necessidade de desenvolver e testar novos artefatos assistivos que sejam projetados especificamente para facilitar a mecânica da afinação.
2. Apoio para localização de notas (Braço do Violino): Embora o modelo 3D encaixado atrás do braço tenha parecido promissor em uma primeira instância, sua validação em contexto real revelou falhas ergonômicas críticas. Durante os testes, a professora especialista e orientadora Ellen apontou que a presença da peça estorvava severamente a pega do aluno no instrumento e interferia negativamente na mecânica do ensino. A equipe observou que, longe de agregar ao desenvolvimento motor e cognitivo dos estudantes, o acessório estava, na verdade, dificultando

o processo de aprendizagem e prejudicando a postura correta da mão esquerda.

3. Guia para o arco: As avaliações iniciais evidenciaram que os primeiros modelos testados não obtiveram sucesso, pois apresentavam um encaixe inconsistente e um formato que dificultava o posicionamento correto pelo usuário. No entanto, a partir das rodadas de otimização detalhadas na metodologia, que culminaram na versão de duas partes conectadas por ímã, identificou-se um guia de arco eficiente, de baixo custo e de fácil utilização. Este modelo final superou as limitações de design e instabilidade anteriores, mostrando-se uma solução acessível e prática que elimina a dependência de produtos importados de alto custo.

4. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou de forma contundente que existe uma demanda clara e latente por acessórios de baixo custo que auxiliem na ergonomia e na aprendizagem de instrumentos musicais complexos, como o violino. A fabricação digital, especificamente por meio da impressão 3D utilizando materiais como PLA e resina, confirmou ser uma ferramenta poderosa e viável para a criação destas soluções assistivas acessíveis e iterativas. A implementação de acessórios físicos mostrou-se uma etapa complementar e essencial para a experiência de compreender a teoria e manusear corretamente o instrumento, reduzindo significativamente a dependência de métodos unicamente visuais ou de produtos importados de alto custo.

Através da abordagem pautada no Design Centrado no Usuário e da aplicação rigorosa do método científico, foi possível testar, validar e refinar as propostas iniciais na prática. Em relação aos moldes para cravelhas, os testes práticos revelaram que a solução impressa em resina e fixada com fita dupla face fina cumpriu o seu objetivo primário, sendo amplamente validada por especialistas como um excelente guia de orientação espacial em Braille. Contudo, observou-se que o ato mecânico de afinar o violino com precisão permanece um desafio complexo para o público alvo, apontando como trabalho futuro a necessidade de desenvolver artefatos focados não apenas na localização, mas especificamente na facilitação da mecânica da afinação.

No que tange ao apoio para localização de notas musicais (braço do violino), a pesquisa demonstrou a importância de submeter os protótipos ao escrutínio em contexto real: embora a premissa fosse promissora na modelagem, o dispositivo revelou falhas ergonômicas críticas. A presença da peça física

estorvava severamente a pega autônoma do aluno e alterava a acústica do instrumento. Esta constatação levou à decisão consciente de descartar o acessório, comprovando que intervenções de design assistivo devem respeitar as dinâmicas de uso e não podem prejudicar a técnica instrumental ou a usabilidade geral.

Por fim, o desenvolvimento do guia para o arco (colimador) ilustrou perfeitamente a força e a necessidade da prototipagem iterativa. Após a equipe identificar que modelos amadores da internet ou versões muito firmes apresentavam instabilidade e riscos severos de arranhar o instrumento, o design evoluiu e foi reformulado para um modelo funcional de duas partes conectadas por ímãs. Este sistema magnético final garantiu a estabilidade e a firmeza necessárias para a execução do movimento do arco paralelo ao cavalete, sem aplicar uma pressão excessiva que danifica o violino.

De modo geral, conclui-se que o desenvolvimento pautado em testes contínuos e nas reais necessidades dos usuários válida propostas tangíveis e contribui diretamente para a redução de barreiras, estabelecendo caminhos robustos, metodológicos e democráticos para a inclusão de pessoas com deficiência visual na educação musical.

REFERÊNCIAS

- BONILHA, F. Do toque ao som: O ensino da musicografia Braille como um caminho para a educação musical inclusiva. 2010. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, 2010.
- LU, L.; COCHRANE, K. A.; KANG, J.; GIROUARD, A. “Why are there so many steps?”: Improving Access to Blind and Low Vision Music Learning through Personal Adaptations and Future Design Ideas. *ACM Transactions on Accessible Computing*, v. 16, n. 3, Artigo 22, p. 1–20, 2023.
- PINO, A.; VILADOT, L. Teaching-learning resources and supports in the music classroom: Key aspects for the inclusion of visually impaired students. *British Journal of Visual Impairment*, Barcelona, v. 37, n. 1, p. 17-28, 2019.
- SANCHES, E. C. P. Artefato de auxílio ao design de imagens audiotáteis impressas em 3D a educação inclusiva de cegos. 2023. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Paraná, 2023.
- SUZUKI, S. *Suzuki Violin School*. v. 1. Miami: Summy-Birchard Inc., 1978.
- ZHANG, S.; MASU, R.; BETTEGA, M.; FAN, M. Accessibility and Social Inclusivity: A Literature Review of Music Technology for Blind and Low Vision People. In: *THE 27TH INTERNATIONAL ACM SIGACCESS CONFERENCE ON COMPUTERS AND ACCESSIBILITY (ASSETS '25)*. Anais... New York: ACM, 2025.
- BAKER, D.; GREEN, L. *Disability arts and visually impaired musicians in the community*. Oxford: Oxford University Press, 2018.

BAKER, D.; GREEN, L. Perceptions of schooling, pedagogy and notation in the lives of visually-impaired musicians. *Research Studies in Music Education*, v. 38, n. 2, p. 193-219, 2016.

GOLDSTEIN, D. Music pedagogy for the blind. *International Journal of Music Education*, v. 35, n. 1, p. 35-39, 2000.

MACK, K. et al. What do we mean by “accessibility research”? A literature survey of accessibility papers in CHI and ASSETS from 1994 to 2019. In: *PROCEEDINGS OF THE 2021 CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 2021. Anais... Nova York: ACM, 2021. p. 1-18.

PRITCHARD, D.; ENGLISH, A.; RAVENSCROFT, J. Extended cognition, assistive technology and education. *Synthese, Edimburgo*, v. 199, n. 3, p. 1-23, 2021.