

Projeto TOCA: Preservação de instrumentos musicais históricos através de impressão 3D

TOCA Project: Preservation of historical musical instruments through 3D printing

Lucas Façanha Mendes, Mestrando, Universidade Federal de Juiz de Fora

lucas.facanha@estudante.ufjf.br

Hyago Rodrigues Ferreira, Graduando, Universidade Federal de Juiz de Fora

hyago.rodrigues@ufjf.br

Ivan Mota Santos, Doutor, Universidade Federal de Juiz de Fora

ivan.santos@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [5]

Resumo

A trompa natural é um instrumento histórico do século XVIII que carrega em si séculos de processos artesanais com tubos metálicos e conformação manual, o projeto TOCA tem como objetivo replicar através da impressão 3D uma versão deste instrumento com o intuito de o tornar mais acessível, popularizar e atrair mais interessados para este objeto através da disponibilização de um modelo montável para impressoras de entrada e um material didático que auxilie no aprendizado. O projeto atinge seus objetivos, propondo um conjunto educacional, contendo a trompa natural dividida em 8 peças, que pode ser impressa em 36 horas e um manual de 12 páginas contendo instruções de como tocar construído com auxílio de especialistas de trompa. Espera-se com isso promover o instrumento e alcançar um público interessado no objeto original e trazer reconhecimento para a história e o significado que carrega para história do país.

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Preservação de Instrumentos Musicais; Ensino e Aprendizagem.

Abstract

The natural horn is a historical instrument from the 18th century that embodies centuries of artisanal processes using metal tubing and manual shaping. The TOCA project aims to replicate this instrument through 3D printing, making it more accessible and providing a buildable model for entry-level printers and materials that facilitate its accessibility. The project achieved its objectives, proposing an educational kit containing a natural horn divided into 8 pieces, which can be printed in 36 hours, and a 12-page instruction manual on how to play it, created with the help of horn specialists. The goal is to promote the instrument, reach an audience interested in the original object, and bring recognition to its history and significance for the country.

Keywords: Additive Manufacturing; Musical Instruments Preservation; Teaching and Learning.

1. Introdução

A trompa natural é um instrumento histórico datado do século XVIII, uma peça evoluiu ao longo do tempo, mas no geral, consiste de um corpo metálico circular, com um corpo que dá voltas em si mesmo. O processo produtivo hoje no Brasil envolve um processo manual de conformação dos tubos de metal, unindo com solda todas as partes e é enrolado em si para formar o padrão apresentado na figura 1, um desenho alemão de 1720 de Friedrich Ehe provido pelo Prof. Adalto Soares da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

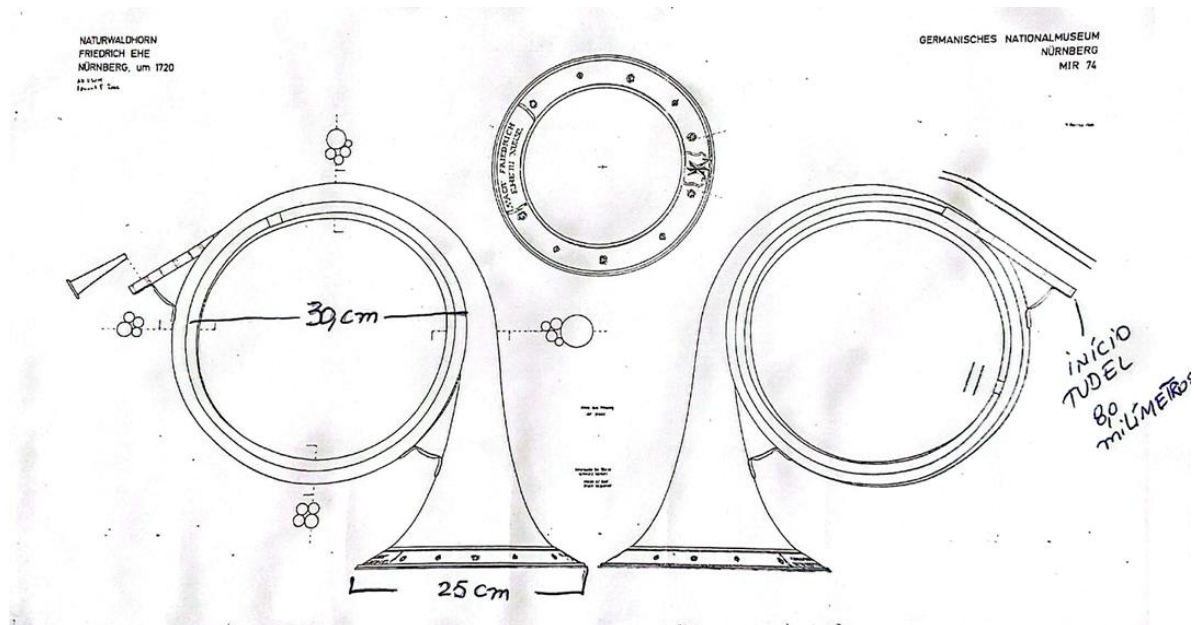


Figura 1: Desenho técnico da trompa natural. Fonte: Adalto Soares (2024); Friedrich Ehe (1720)

O método de produção de uma trompa hoje é um processo longo, artesanal e especializado, por isso, o projeto TOCA (Mendes, 2025) teve como objetivo adaptar a trompa natural para um modelo digital que pode ser produzido utilizando a manufatura aditiva de fusão por deposição (FDM) com PLA, com o intuito de desenvolver um modelo para ensino e aprendizagem do instrumento de forma acessível.

Barbero e Cozzo (2009) enxergam o desenvolvimento sustentável do design vindo da busca por estratégias alternativas que tornem produtos flexíveis, duráveis, modulares e adaptáveis. A escolha da manufatura aditiva como meio de fabricação, em detrimento de outras possibilidades, vem da redução de resíduos, da diminuição do ciclo de vida do produto e de uma vantagem competitiva para este tipo de fabricação; também inclui as vantagens do material pela sua natureza renovável (Liu *et al.* 2016).

Existem debates em relação ao uso de tecnologias que mudam os métodos de fabricação tradicionais para a preservação de instrumentos e a sustentabilidade cultural, como levantado por Huang, Chuangprakhon e Santaveesuk (2024); no entanto, trata-se de substituição dos processos históricos e do valor que carregam. O intuito do projeto não é ocupar o lugar dos métodos seculares utilizados, e sim atrair pessoas que possam se interessar pelo TOCA e busquem conhecer o instrumento original.

Damodaran, Sugavaneswaran, Lessard (2021), enxergam a manufatura aditiva com instrumentos como uma oportunidade de facilitar o ensino, utilizando os modelos iniciais para facilitar a transição para os instrumentos reais. A partir desse estudo, é possível encaixar as características pretendidas para o desenvolvimento da trompa dentro deste espaço nas estrelas de valores propostas como apresentado na figura 2.

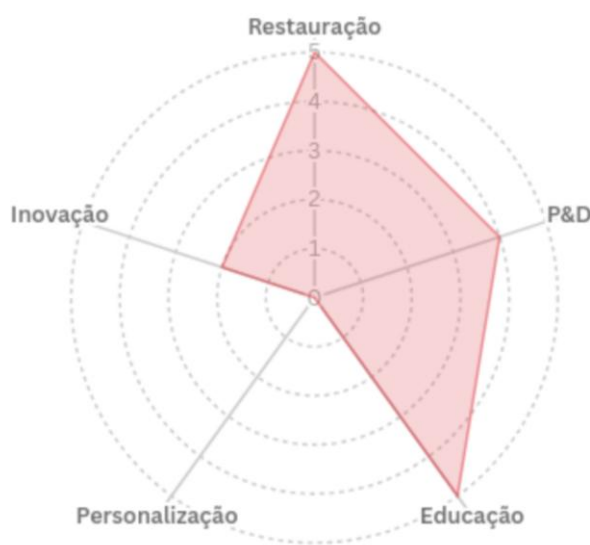


Figura 2: Estrela de Valor proposta por Damodaran, Sugavaneswaran e Lessard (2021). Fonte: Autores (2026).

O projeto se encaixa nos fatores propostos no estudo descrito, nas categorias de educação e treinamento e pesquisa e desenvolvimento, representando o foco em desenvolver e expandir a capacidade de produzir instrumentos de sopro, saindo de instrumentos pequenos como a gaita e as flautas, partindo para instrumentos maiores como a trompa, se assemelhando também a projetos como a shakuhachi, instrumento histórico japonês, de Simian (2023).

O projeto se posiciona próximo a pesquisas como o saxofone de Kantaros e Diegel (2013) e a flauta transversal de Zoran (2011), ambos projetos de maiores proporções, utilizando manufatura aditiva. Tirando proveito da disponibilidade dos recursos e da evolução da tecnologia de impressão 3D, ao contrário dos outros projetos que, na época, poderiam apresentar limitações pela proteção intelectual destas tecnologias para a exploração desse nicho (Damodaran, Sugavaneswaran e Lessard, 2021).

Com isto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de preservação e popularização da trompa natural, utilizando da manufatura aditiva para reproduzir o instrumento de forma acessível utilizando uma impressora 3D de entrada. Para isso, foi necessário o desenvolvimento de um modelo digital apropriado para impressão 3D e o estudo da utilização do instrumento para a construção de um material didático.

2. Procedimentos Metodológicos

O projeto se caracteriza como uma pesquisa experimental (Gil, 2022), executado utilizando as metodologias de Munari (1983) e Moraes (2010) de forma mista. A pesquisa teórica foi realizada previamente para comprovar a viabilidade técnica e a definição dos parâmetros necessários para o desenvolvimento.

No que diz respeito ao projeto físico apresentado neste estudo, as etapas seguem como:

Coleta de referências: Para o desenvolvimento da trompa, foi utilizada uma trompa francesa de referência para uma visão mais clara das peças e o processo de funcionamento e montagem das peças. Também incluído nesta etapa é considerado o estudo do material de Friedrich Ehe, compreendendo a organização dos tubos e a construção geral da trompa natural.

Projeto Virtual: Como o projeto não depende de uma etapa de protótipos físicos, a modelagem virtual da trompa é a etapa seguinte, utilizando os registros de escritos de Friedrich e os dados da trompa francesa. Durante essa etapa, paralelamente foi desenvolvido o material didático com base nas referências coletadas e orientação da professora de trompa Luana Medeiros. A modelagem foi realizada utilizando o software Fusion 360.

Impressão: Após a finalização do modelo de montagem, as peças foram impressas e montadas para realização dos ajustes necessários em questões de tolerância, espessura das paredes e distanciamento dos tubos, a impressão foi realizada utilizando uma impressora “Ender 3 V3-SE” da marca “Creality” utilizando filamentos de cor dourada e verde da marca “Voolt”. Os parâmetros de impressão utilizados foram:

Parâmetro	Valor registrado
Suportes	Mínimo possível / Externos
Aderência	Brim de pelo menos 12 mm
Espessura das paredes verticais	0.8 mm
Espessura das paredes horizontais	0.8 mm
Resolução	0.2 mm
Preenchimento	20 a 40%

Tabela 1 – Painel de parâmetros ideais. Fonte: Mendes, Quintana e Santos (2024)

3. Resultados

3.1. Modelo para impressão 3D

O modelo desenvolvido possui os anéis paralelos devido às diferenças do processo de fabricação do instrumento original, que entrelaça os tubos durante o processo de conformação do material, essa versão possui 4,70 metros de comprimento dos tubos, resultando em 4 voltas totais. No entanto, isto não compromete o projeto, a espessura do corpo se mantém igual, e o instrumento ainda é capaz de gerar as vibrações necessárias para emitir som, se mantendo fiel ao objetivo.



Figura 3: Visualização da modelagem completa da trompa, sem encaixes. Fonte: Os autores (2025).

A trompa projetada é composta pela campana, com abertura de 25 cm, o corpo com diâmetro de 30 cm. Foi escolhida a impressora “Creality Ender 3 V3-SE” como o modelo de entrada, pelo seu custo e tamanho de mesa média (Mendes, 2025). Foi necessário então, separar o corpo em 8 peças: a campana, com um corte longitudinal, separando em 2 partes, o corpo dividido em 4 quadrantes e o tudel, e o bocal.

O bocal projetado foi desenvolvido seguindo as especificações da classificação W4CM, isto é, com um som profundo e uma abertura mais fechada seguindo os padrões Waldhorn da empresa “Gebr. Alexander”, utilizando o restante das medidas do modelo 30D4 produzido pela empresa “Yamaha”, todas as peças são apresentadas na figura 4.

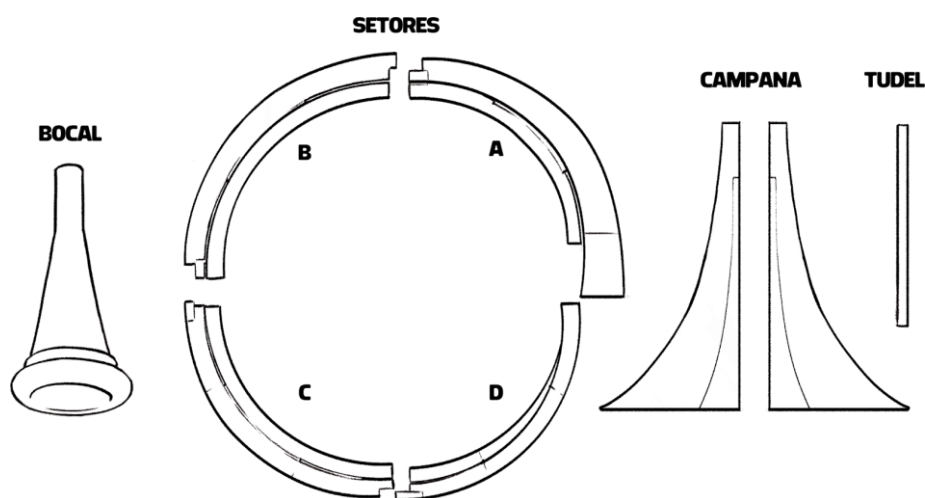


Figura 4: Peças do projeto. Fonte: Os autores (2025).

O projeto foi estruturado através de encaixes macho e fêmea, para facilitar a montagem sem comprometer a estrutura e a espessura prevista dos tubos, a trompa como um todo é fixa, com exceção do bocal, pela fragilidade dos encaixes. Foi necessário manter a campana como peça fixa para anular a necessidade de estruturas extras de fixação como roscas, que poderiam comprometer a integridade da peça pela diferença de espessura.

A separação em peças com encaixes claros permite que, caso necessário, pela flexibilidade proporcionada pela manufatura aditiva, as peças possam ser substituídas. O projeto, por ser disponibilizado em formato “*open source*”, possibilita que outros autores possam modificar peças específicas para suas necessidades especiais e as alterem sem a necessidade de uma fabricação completa. A figura 5 apresenta uma renderização da trompa montada.



Figura 5: Renderização final da trompa montada. Fonte: Os autores (2026).

3.2. Material didático

O projeto foi ilustrado, com a intenção de tornar mais lúdico o processo de aprendizagem, utilizando referências digitais, mas também contando com o apoio da professora Luana Medeiros do Departamento de Música da Universidade Federal de Juiz de Fora, especializada em trompa, proveu para a pesquisa todas as informações necessárias para o desenvolvimento das instruções e das figuras, os rascunhos iniciais são apresentados na figura 6.

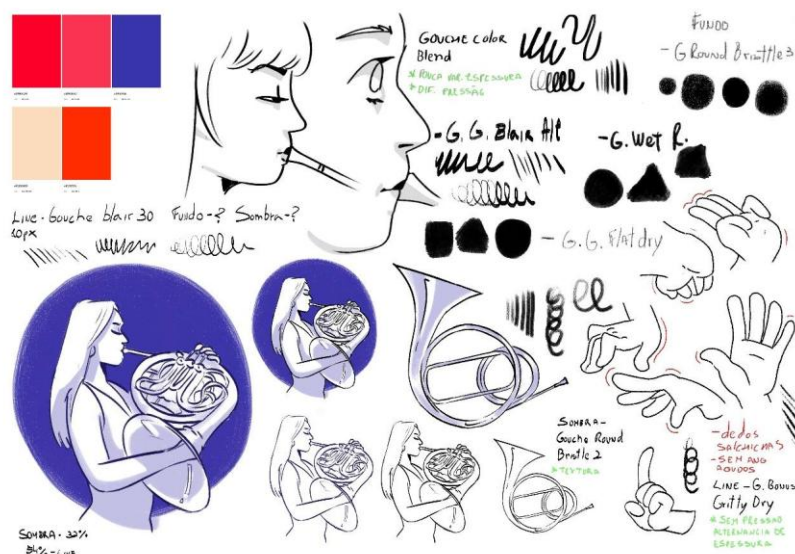


Figura 6: Prancha de desenvolvimento das ilustrações. Fonte: Os autores (2024).

O objetivo era que o material funcionasse como um manual de uso, apresentando a montagem, como utilizar e oferecendo algumas opções de músicas básicas para o usuário utilizar enquanto aprende a utilizar, como o exemplo da figura 7.

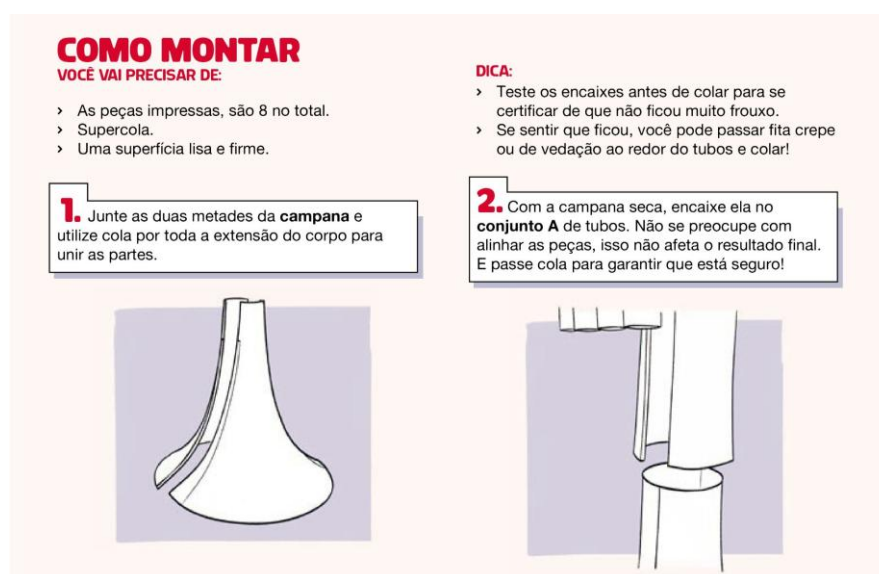


Figura 7: Exemplo de página do material didático representando a montagem. Fonte: Os autores (2025).

Todas as instruções para aprender a tocar têm a intenção de tornar mais fácil para o usuário a compreensão de como se utilizar um instrumento dessas dimensões e como ele deve apoiá-lo, a postura adequada, como sobrar e outras dicas de uso. São um total de 12 páginas focadas em providenciar a melhor experiência para um novo aprendiz da trompa natural, a versão final pode ser observada na figura 8.



Figura 8: Material didático em mockup. Fonte: Os autores (2026).

4. Conclusão

O TOCA por fim consegue se enquadrar como um instrumento de ensino, seguindo a visões dos autores de base desta pesquisa, se enquadrando como uma ferramenta de ensino e aprendizagem que pode ser acessada gratuitamente e produzida de forma facilitada, o modelo final impresso é apresentado na figura 9.

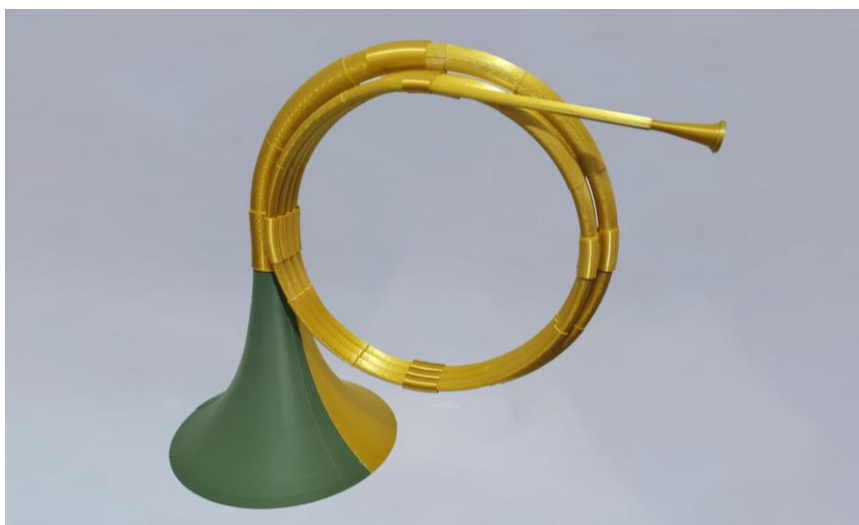


Figura 9: Primeiro protótipo completo da trompa. Fonte: Os autores (2025).

O projeto se manteve fiel à proposta de atuar como ferramenta complementar, e não substitutiva, do processo original, funcionando em comunhão com a missão de atrair mais pessoas interessadas no instrumento.

A trompa impressa, quando tocada apropriadamente, emite som e reverbera pelo corpo, e o projeto leva 39 horas totais de impressão, utilizando os parâmetros estabelecidos em uma impressora “Creality Ender 3 V3-SE”. O peso total é de 628 gramas, com o custo de material de R\$ 63,00.

O material didático desenvolvido possui registro *Creative Commons* com as informações de impressão necessárias e a indicação de referência ao artigo desenvolvido durante o projeto, de forma que todo o estudo e os dados coletados possam ser utilizados por quem se interessar para o desenvolvimento e aplicação em outros instrumentos de sopro da família dos metais. Permitindo assim, alcançar o principal objetivo deste projeto, facilitar o acesso a instrumentos para quem tem interesse utilizando tecnologias cada dia mais acessíveis para o público.

Em uma visão educacional, o projeto abre espaço para a implementação da tecnologia no ensino musical, como no caso do Programa de Musicalização Infantil da UFJF, onde se torna mais acessível a produção de várias unidades de trompa para o ensino de crianças.

Espera-se que a pesquisa contribua positivamente para a popularização do instrumento, abrindo mais espaço para que o instrumental metálico possa receber o reconhecimento pela sua história e pelo papel na música brasileira. Também se espera que o projeto possa ser utilizado como inspiração para mais projetos que busquem revitalizar outros instrumentos da cultura do país, trazendo mais visibilidade para estes.

Referências

BARBERO, S.; COZZO, B. **Ecodesign**. New York: H.F. Ullman, 2009

DAMODARAN, A; SUGAVANESWARAN, M.; LESSARD, L. An overview of additive manufacturing technologies for musical wind instruments. **SN Applied Sciences**, Suíça, v. 3, 20 jan. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s42452-021-04170-x>>. Acesso em: 5 mai. 2024.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. Barueri [SP]: Atlas, 2022. ISBN978-65-597-7164-6.

HUANG, Y.; CHUANGPRAKHON, S.; SANTAVEESUK, P. Preservation and Transmission of Shaanxi Guzheng Musical Instruments: Challenges and Strategies for Cultural Sustainability. **International Research Journal of Multidisciplinary Scope**, v. 05, n. 04, p. 147–158, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.47857/irjms.2024.05i04.01265>.

KANTAROS, A; DIEGEL, O. 3D printing technology in musical instrument research: Reviewing the potential. **Rapid Prototyping Journal**, Reino Unido, 21 nov. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/RPJ-05-2017-0095>>. Acesso em: 09 abr. 2024.

LIU, Z. *et al.* Sustainability of 3D Printing: A Critical Review and Recommendations. **Proceedings of the ASME 2016 International Manufacturing Science and Engineering Conference**, Estados Unidos, 2016.

MENDES, L. TOCA: **Trompa Natural com Impressão 3D**. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Design), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, 2025.

MENDES, L.; QUINTANA, C.; SANTOS, I. Estudo de viabilidade técnica e definição de parâmetros de projetos de instrumentos de sopro por meio de impressão 3D.. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D Design**. 1ed.: Edua, 2024, v. , p. 391-408.

MORAES, D. **Metaprojeto: O Design do Design**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas**. Portugal: Edições 70, 1981.

SIMIAN, R. 3D-Printed Musical Instruments: Lessons Learned from Five Case Studies. **Music & Science**, Estados Unidos, v. 6, nov. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/20592043231210653>> Acesso em: 10 mar. 2024.

ZORAN, A. The 3D Printed Flute: Digital Fabrication and Design of Musical Instruments. **Journal of New Music Research**, v. 40, ed. 4, p.379-387, 14 dez. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09298215.2011.621541>>. Acesso em: 9 mar. 2024.