

Modelagem e Construção de um Manequim Biauricular Fabricado por Impressão 3D

Design and Construction of a 3D Printed Binaural Recorder

Felipe Mateus Franco
felipef@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Márcio Henrique de Avelar
Gomes**
marciogomes@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

RESUMO

Este projeto consiste em construir um gravador de áudio binaural para a obtenção de Funções de Transferência Relacionadas à Cabeça (HRTFs). A gravação binaural é uma técnica para a captura realista de áudio tridimensional que simula a forma como o ouvido humano obtém os sons do exterior. Para isso, necessita-se de um aparelho gravador que se assemelhe o máximo possível a uma cabeça humana, incluindo orelhas extremamente detalhadas. Para o projeto, foi usada a tomografia de uma orelha real. Após tratamentos usando softwares CAD, foram projetados também suportes que regulam a distância entre as orelhas e as mantém fixas, para uma gravação de maior qualidade. Após isso, um par de orelhas e todos os suportes foram impressos em 3D na própria universidade. Para a alimentação dos microfones usados (um par de *Sennheiser KE4*), foi desenvolvida externamente uma placa de circuito impresso que acomoda ambos os canais de áudio. Embora contratempos tenham atrasado a execução e os testes, muitas conclusões foram tiradas na área de impressão 3D, como a anisotropia do processo de fabricação por adição de camadas ou a influência da orientação de impressão na rigurosidade dimensional de furos. Testes posteriores devem se dar para aferir a qualidade e o realismo do áudio gravado, pois não foram possíveis no tempo hábil do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Binaural. Impressão 3D. Áudio. CAD.

ABSTRACT

This project consists in building a binaural audio recorder in order to obtain a Head-Related Transfer Functions (HRTFs). The binaural recording is a technique for capturing realistic and tridimensional audio, by simulating the mode that the human ears acquire sounds from the exterior. For this purpose, a head-shaped recording device is needed, including very detailed ears. For the project, a tomography of a real ear was used. After some treatment using CAD softwares, support pieces were designed in order to regulate the distance between the ears and keep them fixed, for a better quality recording. Then a pair of ears and all support pieces were 3D printed on the university. To power up the microphones (two *Sennheiser KE4*), a printed circuit board that amplifies both channels was designed externally. Even though some mishappenings have delayed the execution and the tests, many conclusions were taken on the 3D printing area, like the anisotropy of the layer-based fabrication process or the influence of the printing orientation on the dimensional rigor of holes. Further tests shall be done to evaluate the quality and realism of the recorded audio, as they weren't possible on the project's execution time.

KEYWORDS: Binaural. 3D Printing. Audio. CAD.

Recebido: 30 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A gravação biauricular (ou binaural) visa emular mecanicamente a audição, tentando replicar o processo físico pelo qual ela se dá. Nosso cérebro, desde pequeno, é treinado para comparar e perceber diferenças de amplitude e fase entre os sinais que chegam aos ouvidos. Isso permite aferir instintivamente a distância e a direção de uma fonte sonora.

Um gravador binaural geralmente é dotado de orelhas muito parecidas com as humanas, pois o realismo delas influencia na qualidade de sua função de transferência. Essa função incorpora ao som as características da forma de orelhas pela qual ele passou, produzindo um áudio parecido com o que chega aos nossos tímpanos.

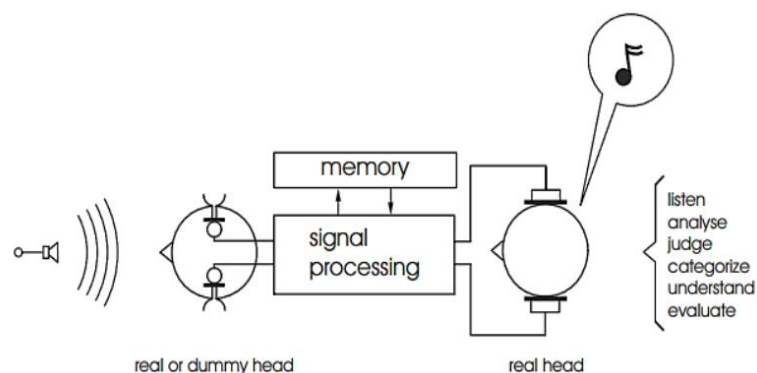


Figura 1 – Diagrama de blocos da gravação e reprodução binaural

Fonte: BLAUERT, 2005, p. 4

METODOLOGIA

Como previamente exposto, o efeito binaural é obtido ao capturar os sons do ambiente de forma análoga ao processo de audição humana. Para isso, é desejável o uso de uma forma semelhante à orelha externa no ato da gravação, para que o som passe por ela e adquira sua função de transferência. O NUFER (Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental), da UTFPR Câmpus Curitiba, cedeu uma superfície retirada de uma tomografia de uma orelha real, totalmente detalhada.

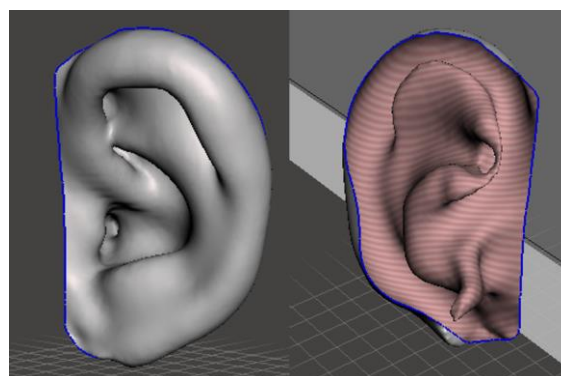


Figura 2 - Pavilhão auditivo digitalizado, em vista frontal e posterior

Fonte: do autor

MODELAGEM

Com o Autodesk Meshmixer, a superfície foi transformada em sólido e recebeu adaptações para ser modificada em um software CAD mecânico, o SolidWorks. Foi modelada uma base para ser unida a esta, contendo o furo para a inserção do microfone e quatro furos para parafusos M4. Também foram modelados um suporte para o posicionamento vertical das orelhas e uma guia linear, para que fosse possível regular a distância entre orelhas no ato da gravação. Além disso, a guia tem um entalhe para uma porca de $\frac{1}{4}$ de polegada, para que possa ser instalada em um tripé de medidas padrão e ser portátil.

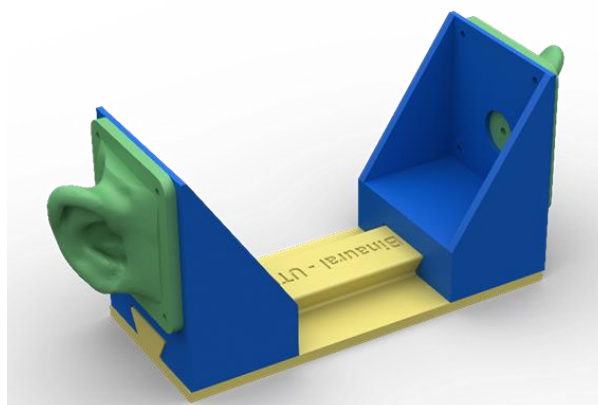


Figura 3 - Renderização final do conjunto modelado

Fonte: do autor

IMPRESSÃO 3D

Após serem exportadas novamente em STL, as peças seguiram para impressão, também no NUFER. Para a orelha, foi escolhido o material PLA flexível, pois na opinião dos autores ele se assemelha mais à pele, ao menos em relação ao PLA rígido. A cor da peça foi função da disponibilidade de material.

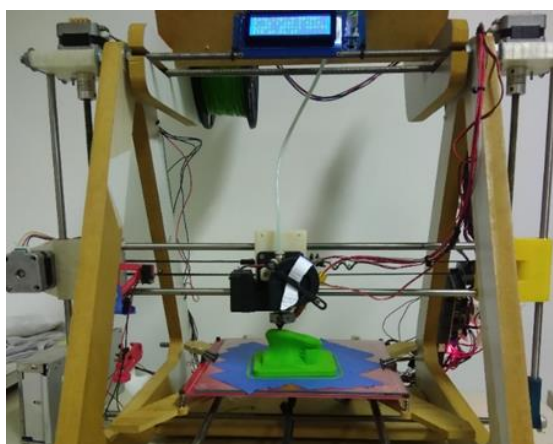


Figura 4 - Orelha sendo impressa em uma máquina Mendel modificada

Fonte: do autor.

O suporte (azul) e a guia linear (amarela) foram fabricados em PLA rígido, pois proporciona melhor rigurosidade dimensional para as peças. Dado que os suportes se encaixam na guia linear com uma pequena interferência (para garantir que preservam sua posição enquanto gravam), estas necessitavam de medidas precisas de fabricação. Foi escolhida a orientação de impressão que gerasse menos “suporte de impressão”, evitando assim desperdício de material e tempo. Ainda, a guia linear precisou de uma extensão da mesa aquecida, dado seu comprimento de 210 milímetros, considerado muito grande para o porte da impressora disponível.

MONTAGEM

A montagem mecânica do conjunto se deu de forma fácil, uma vez que os encaixes e parafusos se localizam em locais intuitivos. O entalhe inferior para porca da guia linear precisou de algumas impressões para a otimização da interferência.

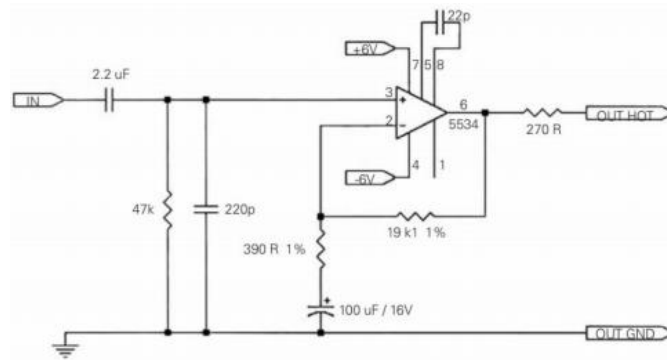


Figura 5 - montagem mecânica

Fonte: do autor

A parte eletrônica precisou de atenção especial, pois foi necessária uma nova placa de amplificação, dado que uma das duas que acompanham os microfones (*Sennheiser KE4*) estava inoperante. Foi produzida externamente uma nova placa amplificadora, que processa similarmente ambos os canais de áudio, evitando um desbalanceamento acústico no momento da reprodução. Seu esquemático é uma modificação do que está descrito na Figura 6, suportando agora dois canais de áudio.

Figura 6 - Placa para aquisição do sinal dos microfones *Sennheiser KE4*



Fonte: RANIERI et al, 2006

De posse da placa, dos microfones e das peças, foram realizados os primeiros testes. Estes se deram praticamente na data hábil limite do projeto e foram poucos, de modo que não geraram resultados relevantes, pois a placa não recebia corretamente o sinal dos microfones.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os poucos testes feitos não foram conclusivos para que se aferisse a qualidade da gravação de áudio. O projeto será retomado em data oportuna para que mais testes sejam realizados. Porém, muitas coisas úteis foram aprendidas durante a execução da impressão do conjunto.

Por exemplo, foi constatada a importância de uma escolha oportuna de orientação de impressão, tendo como um exemplo a rigurosidade dimensional obtida na peça. Na Figura 7, mostra-se a diferença da impressão de um furo cilíndrico com seu eixo na direção Z (primeira imagem) ou a direção X ou Y (segunda imagem). Na primeira, vê-se que a forma circular é preservada do ponto de vista da cabeça de impressão. Na segunda, a cabeça de impressão enxerga somente camadas e lacunas, e o resultado é um furo muito menos definido.

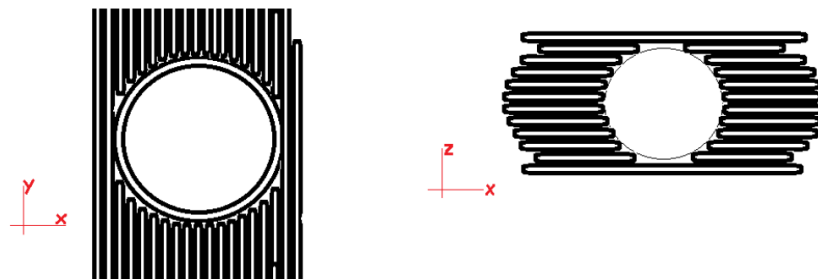


Figura 7 – Comparação de furos com diferentes orientações de impressão

Fonte: do autor.



REFERÊNCIAS

BLAUERT, Jens (Ed.). **Communication Acoustics**. Berlin: Springer-verlag, 2005. 379 p.

RANIERI, D; LENZUNI, P; A LUNGI,. Implementation and testing of a low-cost system to measure noise exposure inside personal protective equipment. **Prevention Today**, Roma, v. 2, n. 1-2, p.63-76, maio 2006.