

Desenvolvimento de arco flexível de apoio para aparelho auditivo retroauricular em pessoas com alterações anatômicas na orelha

Santos, Giovanna Zarpelon ^{*1}; Muniz, Laura Pardiniho²; Foggiatto, José Aguiomar³

1 – Departamento de Mecânica, UTFPR, giovannazarpelon@alunos.utfpr.edu.br

2 – Departamento de Mecânica, UTFPR, lauramuniz@alunos.utfpr.edu.br

3 – Departamento de Mecânica, UTFPR, foggiatto@utfpr.edu.br

* -Correspondência: NUFER/DAMEC/UTFPR-CT – Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado, 5000, Sala EM-101, Ecoville, Curitiba, PR, Brasil, 81280340.

DOI 10.52050/9788579177149-36

RESUMO

Este estudo descreve o desenvolvimento de um arco flexível para apoiar aparelhos auditivos retroauriculares em pacientes com deficiências anatômicas na orelha. O projeto visou criar uma solução discreta, confortável e funcional. Baseado em um estudo de caso, atendeu à demanda de um paciente por um suporte adaptado. O modelo foi projetado e produzido por modelagem e impressão 3D, resultando em um dispositivo eficaz, confortável e estável. A solução superou as limitações anatômicas do paciente e ampliou as possibilidades de reabilitação auditiva para pessoas com orelhas de anatomia atípica.

Palavras-chave: aparelho auditivo, tecnologia assistiva, deficiência anatômica de orelha.

ABSTRACT

This study presents the development of a flexible support for behind-the-ear hearing aids for patients with ear anatomical limitations. The project aimed to create a discreet, comfortable, and functional solution. Based on a case study, it met a patient's need for a customized support. The model was designed and produced through 3D modeling and printing, resulting in an effective, comfortable, and stable device. The solution overcame the patient's anatomical challenges and broadened hearing rehabilitation options for individuals with atypical ear anatomy.

Keywords: hearing aid, assistive technology, ear anatomical disability.

1. INTRODUÇÃO

A adaptação de objetos de assistência para pessoas com deficiência é essencial, pois cada deficiência apresenta características únicas que demandam soluções personalizadas, capazes de atender às necessidades individuais e promover a inclusão, autonomia e qualidade de vida. Assim, a tecnologia assistiva é fundamental para viabilizar uma vida mais confortável para portadores de qualquer tipo de deficiência, uma vez que se observa um papel importante na vida das Pessoas com Deficiência (PcD), auxiliando na realização das atividades diárias e promovendo a inclusão dos indivíduos (RAVNEBERG; SÖDERSTRÖM, 2017).

Nesse contexto, observa-se que indivíduos com alterações anatômicas, como ausência parcial de estruturas auriculares, muitas vezes enfrentam dificuldades relacionadas à fixação e estabilidade dos aparelhos auditivos convencionais. Essas limitações não apenas comprometem a funcionalidade do dispositivo, mas também afetam o conforto e a estética, podendo até mesmo impedir o uso desses aparelhos.

Vale ressaltar o valor estético que tange o uso de aparelhos auditivos, uma vez que o setor de aparelhos auditivos adota estratégias como a miniaturização dos dispositivos e o uso de tonalidades semelhantes à pele, o que transmite a ideia de que a deficiência auditiva deve ser disfarçada ou ocultada (RAVNEBERG, 2009). Uma abordagem de design voltada à camuflagem em detrimento da valorização estética nos dos aparelhos ainda persiste e essa negligência quanto ao aspecto visual pode reforçar o estigma associado ao uso de aparelhos auditivos, impactando negativamente a identidade e a aceitação social de seus usuários (JACOBSON et al., 2014). Dessa forma, atualmente buscam-se propostas para dar características de acessórios aos aparelhos auditivos a fim de melhorar a adesão e aceitação. Segundo Cunha e Merino (2018), o design dos aparelhos auditivos pode ser pensado também como um acessório de moda.

No entanto, usando a modelagem 3D e a impressão 3D foi possível gerar uma alternativa acessível para a adaptação de dispositivos assistivos, permitindo a criação de modelos adaptados a necessidades atípicas. Este estudo foca no desenvolvimento de um arco flexível para suporte de aparelhos auditivos retroauriculares, com o objetivo de atender às demandas de um paciente com características anatômicas atípicas. O dispositivo visa conforto, estabilidade, funcionalidade e um design discreto.

Uma abordagem individualizada fez-se necessária por se tratar de paciente portador da Síndrome de Kabuki ou Síndrome de Niikawa-Kuroki, uma doença genética rara na qual a face dos portadores se assemelha à maquiagem do tradicional teatro japonês Kabuki (GABRIELI et al., 2002). Segundo Niikawa

et al. (1988), um dos principais estudiosos da síndrome de Kabuki, no Japão a prevalência dessa síndrome é de 1 a cada 32000 pessoas e no restante do mundo a incidência é crescente.

A Síndrome de Kabuki pode manifestar características distintas em cada paciente, porém através do estudo de Niikawa et. al. (1988) foi estabelecido de forma definitiva o fenótipo da doença, destacando-se cinco sinais de características faciais, entre elas pode ser observado orelhas proeminentes (OLIVEIRA, 2000). Além disso, cerca de 50% dos pacientes apresentam perda auditiva devido a malformações e infecções recorrentes de ouvido médio.

É comum portadores da Síndrome de Kabuki optarem por realizar cirurgias ou procedimentos estéticos para alterar as características físicas típicas da doença, assim como o paciente do caso em questão optou por realizar uma otoplastia, cirurgia que une as orelhas à cabeça, comumente realizada por pessoas que se queixam de ter as orelhas proeminentes (orelhas de abano).

Este estudo reforça a importância da tecnologia assistiva com interdisciplinaridade entre engenharia, design e saúde na criação de dispositivos assistivos inovadores e personalizados. "O impacto positivo dos produtos assistivos vai muito além da melhoria da saúde, do bem-estar, da participação e da inclusão dos usuários individuais — famílias e sociedade também se beneficiam. Além das exigências políticas, os benefícios econômicos e sociais fortalecem o argumento para que os sistemas de saúde e assistência social invistam em produtos assistivos e serviços relacionados" (WHO, 2022, p. 11).

2. DESENVOLVIMENTO

a) Levantamento de requisitos

O primeiro passo do projeto foi levantar os requisitos do paciente, que foram:

- Flexibilidade de tamanho para possibilitar encaixe em diferentes posições;
- Estética discreta e harmônica;
- Conforto, mantendo boa estabilidade sem fazer pressão excessiva na cabeça.
- Possibilidade de usar o arco tanto de forma horizontal, passando na parte traseira da cabeça, quanto de forma vertical, passando na parte superior da cabeça;

Durante o desenvolvimento foram utilizados os seguintes filamentos que estavam disponíveis no laboratório:

- PLA (ácido polilático): material extremamente versátil, muito utilizado na tecnologia assistiva, porém relativamente frágil, portanto, seu uso deve

ser evitado em componentes que exigem alta resistência mecânica, bem como em peças expostas a temperaturas de aproximadamente 60°C ou superiores. (BESKO; BILYK; SIEBEN, 2017).

- PLA com fibra de carbono: segundo o site do fornecedor Slim 3D, possui como características ser extremamente resistente, moderadamente flexível, porém com pouca resistência ao calor.
- TPU (poliuretano termoplástico): é um composto flexível e de menor densidade, comumente utilizado quando se busca, reciclabilidade, resistência ao desgaste e possibilidade de dobras e tração (BESKO; BILYK; SIEBEN, 2017).
- ABS: trata-se de um copolímero formado por três monômeros distintos: acrilonitrila, butadieno e estireno. Sua impressão exige um nível mais avançado de conhecimento técnico, além do uso de uma mesa aquecida. Comparado ao PLA, o ABS se destaca por suas melhores propriedades mecânicas, sendo um material mais resistente, durável e leve. Além disso, apresenta maior tolerância a temperaturas elevadas e possui certa flexibilidade (BESKO; BILYK; SIEBEN, 2017).

b) Projeto e modelagem 3D

Com base nos requisitos levantados, iniciou-se a modelagem do arco de suporte no programa *Solidworks*.

No primeiro momento, foi desenvolvido um conceito com traves e encaixe da estrutura do aparelho auditivo do tipo “Snap-fit Circular”, impresso com filamentos de PLA, TPU e PLA com Fibra de Carbono.

Figura 01 - Modelagem Inicial



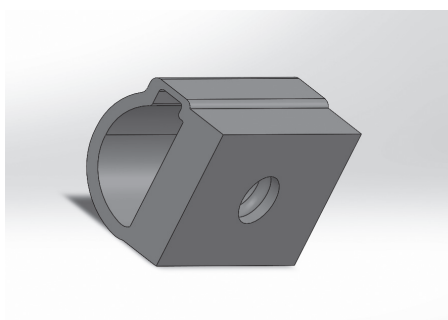
De acordo com a avaliação realizada no primeiro protótipo, foi feito um segundo modelo, mantendo o encaixe “Snap-fit circular”, porém dessa vez, a fim de promover um design mais discreto, o sistema de travas foi substituído por

um arco liso, mas impresso com filamentos de PLA com fibra de carbono e TPU, conforme as Figuras 2a e 2b.

Figura 02 - Concepção inicial: a) Arco em PLA com fibra de carbono e b) Encaixe “Snap-fit circular” impresso em TPU



(a)



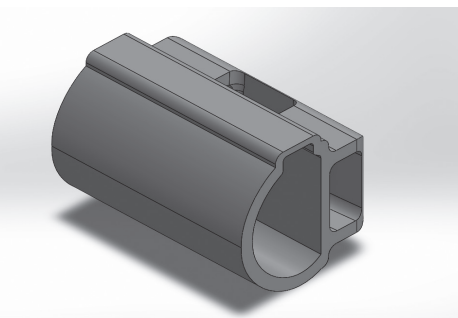
(b)

Consequinte, foi possível chegar no modelo final desenvolvido. Nesse projeto, o arco foi impresso com ABS, e o encaixe “Snap-fit circular” foi substituído por um encaixe semelhante à uma gaveta, conforme as Figuras 3a e 3b.

Figura 3 - Concepção final: a) Arco em ABS e b) Encaixe em TPU



(a)



(b)

Finalmente, esse modelo cumpriu todos os requisitos propostos, podendo ser usado tanto de forma horizontal quanto vertical, com conforto e design discreto. Na Figura 4 pode-se observar o modelo acima impresso com o aparelho auditivo acoplado.

Figura 4 - Modelo final impresso



c) Impressão 3D

A manufatura aditiva, também chamada de impressão 3D, é um processo no qual é possível criar objetos a partir de modelos digitais através da adição de material camada por camada. Os modelos digitais passam por um software que fatia o arquivo em camadas finas de baixo para cima, orientando, assim, os movimentos das impressoras. Para essa etapa, foram utilizados os fatiadores *Bambu Slicer* e *Creality Print 6.1*.

Foram utilizadas duas impressoras: as peças em PLA e em ABS foram impressas na impressora X1 Carbon (*Bambu Lab*), e as partes em TPU foram impressas na impressora K1 Max (*Creality*).

No modelo final, para o arco o tempo de impressão foi de 30 minutos, utilizando 8g de filamento de ABS. Já para a impressão de cada encaixe, foram necessários 24 minutos para a impressão, utilizando 2,40g de filamento de TPU. Os parâmetros de impressão estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 01 - Parâmetros de impressão

Configurações	ABS	TPU
Altura de camada - mm	0,16	0,16
Temperatura de extrusão - °C	260	230
Temperatura da mesa - °C	105	50
Velocidade do perímetro externo - mm/min	100	200
Velocidade do perímetro interno - mm/min	150	300
Preenchimento - %	10	20

3. RESULTADOS

O resultado obtido no último protótipo com o desenvolvimento do suporte foi a partir da análise de todos os requisitos estabelecidos, levando em conta correções dos protótipos anteriores. Na Figura 5 observa-se o uso do protótipo.

No que tange ao conforto, o usuário relatou que o material utilizado (ABS) proporcionou boa estabilidade no crânio, mantendo-se firme e sem causar desconforto durante as atividades cotidianas. Quanto ao quesito de resistência e durabilidade, o paciente relatou que o arco não apresentou nenhum tipo de defeito e respondeu bem a todos os tipos de esforços aplicados, como calor e flexão. A estética foi satisfatória, pois seu design foi minimalista, resultando em um conceito discreto durante o uso.

Figura 07 - Utilização do protótipo



Apesar de funcionais, os modelos anteriores não atendiam todos os requisitos propostos. O modelo da Figura 1 apresentou boa funcionalidade, porém com um design robusto. Já o modelo das Figuras 2a e 2b, apesar de ter um design satisfatório, notou-se após um período com o paciente utilizando o protótipo que as propriedades do material do arco (PLA com fibra de carbono) não eram satisfatórias, uma vez que a geometria se alterava quando exposta ao calor do corpo humano e do sol. No modelo final foi possível corrigir todos os problemas observados no período de uso.

Os resultados gerais confirmam a viabilidade do uso da impressão 3D para o desenvolvimento de dispositivos assistivos personalizados, destacando o potencial dessa tecnologia para atender a demandas individuais e melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se assim, que os resultados evidenciaram que o suporte apresentou boa adaptação anatômica, resistência mecânica satisfatória e facilidade de uso, permitindo a reabilitação auditiva de maneira eficiente. Além disso, o design discreto e leve contribuiu para a aceitação estética do dispositivo, fator essencial para a adesão do usuário ao uso contínuo.

Além disso, a impressão 3D mostrou-se uma ferramenta promissora para a fabricação de soluções acessíveis e adaptadas às necessidades individuais, ampliando as possibilidades de inclusão e qualidade de vida para pessoas com deficiência.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pelo apoio financeiro através do NAPI-TA (Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva) e ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora. Ainda, agradecemos aos colegas de iniciação científica e professores que auxiliaram no processo.

REFERÊNCIAS

BESKO, M.; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. *Revista Eletrônica dos Cursos de Engenharia*, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 12-14, 2017.

CUNHA, J. M.; MERINO, G. S. A. D. *Design e tecnologia assistiva: o aparelho auditivo como acessório de moda*. 2018. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Design) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GABRIELI, A. P. T.; ROVARIS, F. V.; BISOL, L. E.; BORGES, L.; MICHELIN, M. M.; LOVATTO, L. Síndrome da maquiagem de kabuki. *Acta Ortopédica Brasileira*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 57–61, jul./set. 2002.

JACOBSON, S. *Personalised assistive products: managing stigma and expressing the self*. 2014. Dissertação (Doutorado em Design) – Aalto University School of Arts, Design and Architecture, Helsinki, 2014. Helsinki: Aalto ARTS Books.

NIIKAWA, N.; Kabuki make-up (Niikawa-Kuroki) syndrome: a study of 62 patients. *American Journal of Medical Genetics*, v. 31, n. 3, p. 565–589, nov. 1988.

OLIVEIRA, G. S. *Estudo genético-clínico de indivíduos com características da Síndrome Kabuki*. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

RAVNEBERG, B. Identity politics by design: users, markets and the public service provision for assistive technology in Norway. *Scandinavian Journal of Disability Research*, v. 11, n. 2, p. 101–115, 2009.

RAVNEBERG, B.; SÖDERSTRÖM, S. *Disability, society and assistive technology*. London: Routledge: Taylor & Francis, 2017.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF). *Global report on assistive technology*. Geneva: World Health Organization, 2022.