

Manufatura Aditiva na fabricação de moldes para próteses auriculares: influência dos parâmetros de processo

Barduco, Henrique Schrann^{*1}; Pasko, Camila
Fernanda²; Foggiatto, José Aguiomar³

1 – Universidade Positivo, UP, henriques.barduco@gmail.com

2 – Departamento de Mecânica, UTFPR, camilapasko@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, 81.280-340

DOI 10.52050/9788579177149-06

RESUMO

A manufatura aditiva tem se destacado na produção de próteses auriculares personalizadas, exigindo aprimoramento na qualidade dos moldes. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da orientação da peça e da altura de camada na qualidade superficial de moldes produzidos por impressão 3D. Foram testadas diferentes combinações de parâmetros de impressão, seguidas de análise visual e dimensional. Os resultados mostraram que determinadas orientações e camadas mais finas reduzem o efeito escada e melhoram a fidelidade anatômica. Concluiu-se que o ajuste dos parâmetros de impressão contribuiu para melhorar os resultados na produção de moldes para próteses auriculares.

Palavras-chave: prótese auricular, impressão 3D, manufatura aditiva, moldes.

ABSTRACT

Additive manufacturing has stood out in the production of customized auricular prostheses, requiring improvements in mold quality. This study aimed to evaluate the influence of part orientation and layer height on the surface quality of molds produced by 3D printing. Different combinations of printing parameters were tested, followed by visual and dimensional analysis. The results showed that certain orientations and thinner layers reduce the staircase effect and improve anatomical

fidelity. It was concluded that adjusting the printing parameters contributed to improved outcomes in the production of molds for auricular prostheses.

Keywords: *auricular prosthesis, 3D printing, additive manufacturing, molds.*

1. INTRODUÇÃO

A confecção tradicional de próteses auriculares, usualmente realizada por meio de moldagens com alginato e confecção de molde de gesso, apresenta limitações relevantes tanto para os profissionais quanto para os pacientes. Trata-se de um processo invasivo, desconfortável e altamente dependente de habilidades manuais, o que pode resultar em inconsistências na simetria, precisão e fidelidade anatômica das próteses (NISHIMURA et al., 1995).

Diante dessas dificuldades, a aplicação da manufatura aditiva, associada ao design auxiliado por computador (CAD/CAM), vem se consolidando como uma alternativa promissora para a melhoria dos moldes utilizados na produção de próteses auriculares, oferecendo maior reprodutibilidade, agilidade e precisão na fabricação, especialmente com o uso de materiais como ácido polilático (PLA) e acrilonitrila butadieno estireno (ABS) (ELBASHTI et al., 2019).

As deformidades do pavilhão auricular podem ter origem congênita — como ocorre na microtia-anotia, malformação presente em aproximadamente um a cada 5.000 nascimentos — ou estar associadas a síndromes craniofaciais, como a de Treacher Collins e a atresia aural congênita. Além disso, causas adquiridas, como traumas, queimaduras, infecções crônicas e ressecções oncológicas, também figuram entre os principais fatores relacionados à perda parcial ou total da orelha externa (CIOCCA et al., 2010; MOHAMMED et al., 2016; TANVEER et al., 2023).

Nesse contexto, o uso de exames de tomografia computadorizada (TC), com imagens no formato DICOM, permite a reconstrução tridimensional da anatomia do paciente sem a necessidade de contato direto, tornando o procedimento menos invasivo e mais acessível. Programas como Mimics, 3D Slicer e InVesalius possibilitam a conversão dessas imagens em modelos digitais manipuláveis. A partir disso, é possível gerar arquivos tridimensionais no formato STL (STereoLithography), que permitem não apenas a modelagem anatômica, mas também a criação de moldes desenvolvidos por meio de operações como espelhamento e subtração booleana, utilizando aplicativos como o Meshmixer (Autodesk Inc., EUA) (LIACOURAS et al., 2011; CIOCCA et al., 2021).

Apesar dos avanços tecnológicos, a qualidade dos moldes produzidos por impressão 3D ainda depende de variáveis críticas ao longo do fluxo digital. A definição inadequada de parâmetros de fabricação como altura da camada e orientação da peça na mesa de impressão pode acentuar o efeito escada,

comprometer a fidelidade dimensional e prejudicar a adesão do silicone ao molde (JAKUPI et al., 2023).

Adicionalmente, falhas no acabamento superficial — como rugosidades, porosidades e marcas deixadas pela remoção de suportes ou pela aderência à plataforma da impressora — impactam negativamente a estética e a funcionalidade da prótese, resultando em bordas irregulares e textura tátil inadequada (TAM et al., 2014). A correção desses defeitos geralmente exige etapas adicionais, como lixamento, aplicação de primers ou uso de resinas de alisamento. Embora eficazes, essas intervenções introduzem variabilidade no processo e elevam o tempo e o custo de produção.

Diante desses desafios técnicos, este estudo tem como objetivo avaliar e aperfeiçoar os parâmetros de impressão 3D que influenciam diretamente a qualidade superficial, a fidelidade anatômica e a funcionalidade dos moldes utilizados na produção de próteses auriculares em silicone.

Este estudo concentra-se na avaliação de variáveis inerentes ao planejamento do processo de manufatura aditiva, com ênfase na altura da camada, na orientação do modelo na mesa de impressão e no uso estratégico dos suportes, adotando o PLA como material base. O objetivo principal é identificar configurações que atenuem defeitos recorrentes da impressão 3D — como o efeito escada e distorções geométricas — os quais comprometem o encaixe e a estética final das próteses faciais.

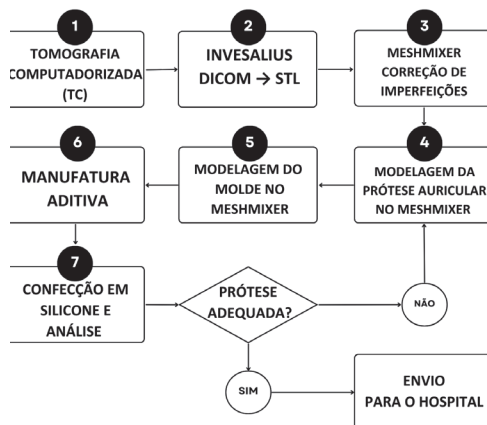
A escolha do PLA neste estudo justifica-se por sua facilidade de uso, compatibilidade e estabilidade dimensional, permitindo a reprodução precisa de detalhes anatômicos. Em contraste com materiais como o ABS — que requerem câmaras fechadas e controle ambiental — o PLA apresenta baixo ponto de fusão, mínima deformação e boa adesão entre camadas. Sua biocompatibilidade e custo acessível também o tornam uma alternativa eficiente e viável para a confecção de moldes auriculares em impressão 3D.

Este trabalho visa contribuir para a padronização do fluxo digital na produção de moldes, favorecendo um processo mais acessível, reprodutível e aplicável em contextos clínicos e acadêmicos voltados à reabilitação estética de pacientes com deformidades auriculares, congênicas ou adquiridas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

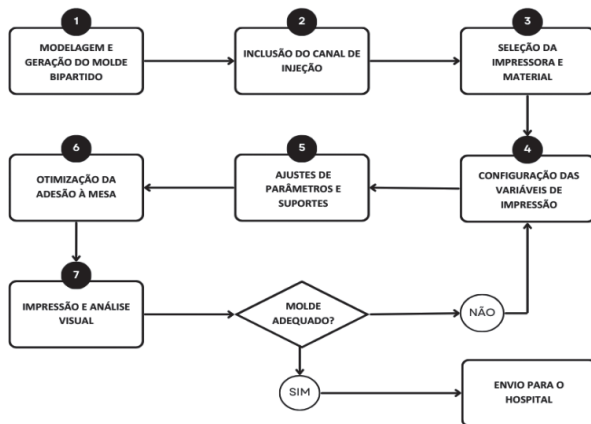
O método utilizado foi o proposto por Franco (2021) e aplicado no laboratório do Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental (NUFER) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Para estruturar esse processo, o Fluxograma 1 foi elaborado, descrevendo a metodologia, desde a aquisição de imagens e modelagem tridimensional até a impressão 3D e análise da qualidade.

Fluxograma 1 - Fluxograma para ilustrar a metodologia utilizada



Acompanhando os números dos passos apresentados no Fluxograma 1, a seguir será feita a descrição detalhada das etapas relevantes para esse estudo, complementando e comentando com alternativas retiradas de outros trabalhos que utilizam métodos semelhantes ao realizado no NUFER (FRANCO, 2021). O foco deste estudo concentrou-se nos ajustes de parâmetros de processo que influenciam diretamente o resultado final dos moldes produzidos na Etapa 6: **Manufatura Aditiva** ilustrada no Fluxograma 2.

Fluxograma 2 - Fluxograma para ilustrar a Etapa 6 do Fluxograma 1



Nesse método, a prótese previamente modelada é subtraída de um cilindro por meio de uma operação booleana, posicionada em relação a um plano que divide a peça no sentido ântero-posterior, separando o cilindro em duas metades e resultando em um molde bipartido. Em seguida, é adicionado um canal de

injeção compatível com a seringa utilizada na aplicação do silicone, permitindo o preenchimento preciso da cavidade interna do molde.

A estratégia de divisão do molde é um fator crítico para o sucesso da prótese final. A superfície de partição, gerada por meio da operação booleana, deve ser cuidadosamente posicionada em regiões de menor relevância estética, como bordas de adaptação à anatomia do paciente, a fim de minimizar a visibilidade da linha de união na prótese. Simultaneamente, essa divisão deve ser planejada para não dificultar a desmoldagem, preservando a integridade das estruturas anatômicas e evitando danos durante a remoção. Essa abordagem também contribui para facilitar eventuais etapas de acabamento ou pós-processamento.

Para o presente estudo, os moldes foram impressos na impressora Bambu Lab X1 Carbon (A). As variáveis de impressão avaliadas incluíram três orientações do modelo em relação à base de impressão: 0°, 45° e 90°. A escolha da angulação de 45° é amplamente reconhecida na literatura e na prática da impressão 3D como um ponto de equilíbrio ideal para a minimização da necessidade de estruturas de suporte.

Ângulos de inclinação inferiores a 45° em relação ao plano da base geralmente permitem a impressão sem suportes, pois cada camada consegue se sustentar na anterior. A inclinação de 45° representa o limite superior dessa capacidade de auto-suporte nas impressoras MEX, equilibrando redução de suportes e qualidade estrutural. As orientações de 0° (horizontal) e 90° (vertical) foram incluídas como extremos comparativos para avaliar o impacto da orientação na qualidade da impressão.

Todos os moldes foram impressos com parâmetros fixos (Tabela 1), garantindo uniformidade experimental. Ao todo, foram fabricados nove moldes bipartidos em PLA, utilizando bico extrusor de 0,4 mm e o perfil “0.20 mm Standard @BBL X1C” da Bambu Lab X1 Carbon, com modificação apenas na velocidade da parede interna, ajustada para 200 mm/s. A análise das peças foi feita visualmente, observando imperfeições, rugosidades e efeitos causados pela orientação e altura da camada.

Foram testadas três alturas de camada (0,08 mm, 0,12 mm e 0,20 mm) para avaliar sua influência na qualidade superficial e no tempo de impressão. A altura de 0,08 mm apresentou melhor detalhamento, porém com maior tempo de impressão (2 h); 0,12 mm representou um equilíbrio entre resolução e agilidade (1 h 30 min); e 0,20 mm foi a mais rápida (1 h).

Observou-se que a redução da altura de 0,20 mm para 0,08 mm duplicou o tempo de fabricação, revelando uma relação inversamente proporcional entre resolução vertical e tempo de impressão. Assim, a definição dos parâmetros

ideais deve considerar conjuntamente a altura de camada e o porte da peça, equilibrando qualidade e eficiência produtiva.

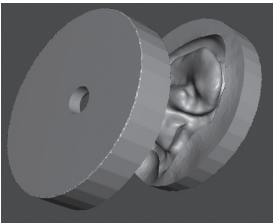
Empregou-se suporte do tipo “árvore automático”, configurado para “somente na placa de impressão”, evitando suportes internos. Para melhorar a adesão à base, após o ajuste angular, os modelos foram reposicionados no eixo Z, gerando automaticamente uma superfície plana de contato com a mesa. Essa face, aliada ao brim externo de 7 mm, garantiu maior estabilidade e eliminou a necessidade de suportes nas peças inclinadas a 45°.

Tabela 1 - Fatores não-variáveis

Impressora	Filamento	Velocidade	Diâmetro do bico	Suporte
A	PLA	200 mm/s	0,4 mm	Árvore Automático

Com os moldes finalizados, realizou-se um teste prévio de como ficará a prótese, utilizando a injeção de borracha de silicone laboratorial, realizada com a adição de 3% de catalisador em relação ao peso total do silicone a ser utilizado – de acordo com as especificações do fabricante – através do orifício (Figura 1)

Figura 1 - Molde bipartido finalizado no Meshmixer - Adição do canal de injeção do silicone



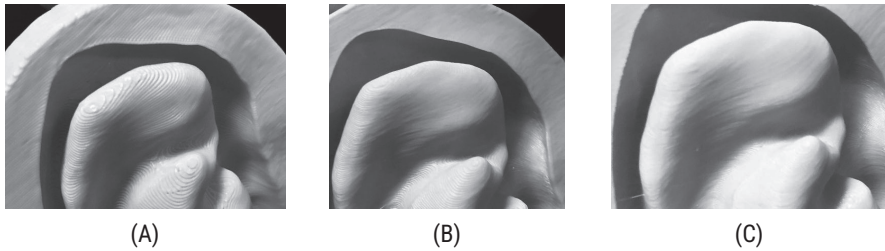
Na Etapa 7 do Fluxograma 1 é avaliada a presença de defeitos na impressão, a rugosidade superficial e a fidelidade do encaixe anatômico. Em muitos casos, também se imprime previamente, em PLA, um segmento facial do paciente para testar o ajuste da prótese. Se forem identificadas falhas, retorna-se à etapa de modelagem (Etapa 4 do Fluxograma 1) para ajustes.

Quando o protótipo é aprovado, o molde é encaminhado para a confecção da prótese definitiva em silicone de grau médico, realizada pelo(a) protesista, que ajusta a coloração e a textura visando uma correspondência estética fiel com a pele do paciente.

3. RESULTADOS

As alturas de camada entre 0,08 mm e 0,12 mm resultaram em melhor acabamento superficial, com significativa suavização do efeito escada em comparação às impressas em 0,20 mm (Figura 2).

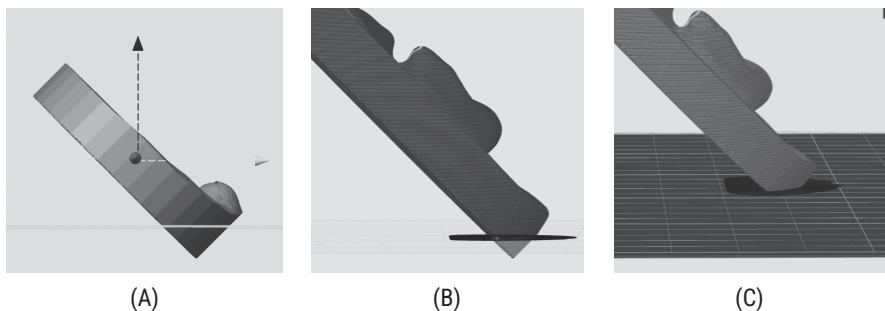
Figura 2 - Diferença da superfície de peças impressas em 45°. Alturas de camada: (A) 0,20 mm; (B) 0,12 mm; (C) 0,08 mm



Angulações entre 45° e 90° foram as que proporcionaram menor rugosidade superficial e menor formação do efeito escada. A orientação de 45° destacou-se por eliminar a necessidade de suportes no interior do molde, preservando a definição das estruturas anatômicas da orelha.

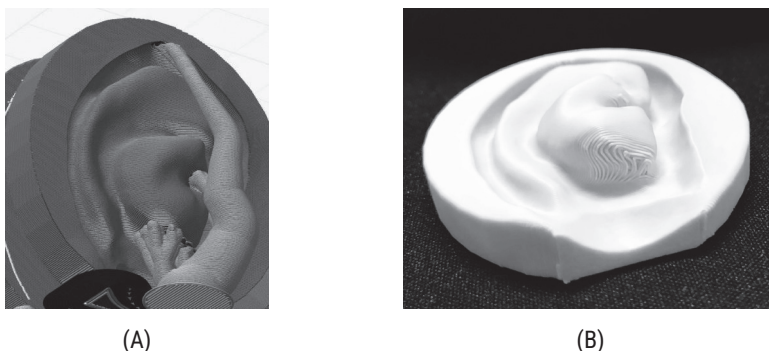
O corte para gerar maior área de contato entre o molde e a mesa de impressão, obtida por meio do rebaixamento controlado da peça no eixo Z, aliada à aplicação de um *brim* externo de 7 mm, contribuiu significativamente para a estabilidade do modelo durante a impressão. Essa combinação favoreceu a adesão à base, minimizando o risco de deslocamentos ou quedas da peça (Figura 3).

Figura 3 - Posicionamento do molde no programa Bambu Studio: (A) Realização da manobra que posiciona parte da geometria abaixo do plano da mesa de impressão para criação de uma área de contato plana automaticamente; (B) Criação de uma região plana de contato do molde com a mesa de impressão após deslocamento da peça em seu eixo Z; (C) Figura evidenciando a face de contato com a mesa juntamente ao *brim* externo de 7mm



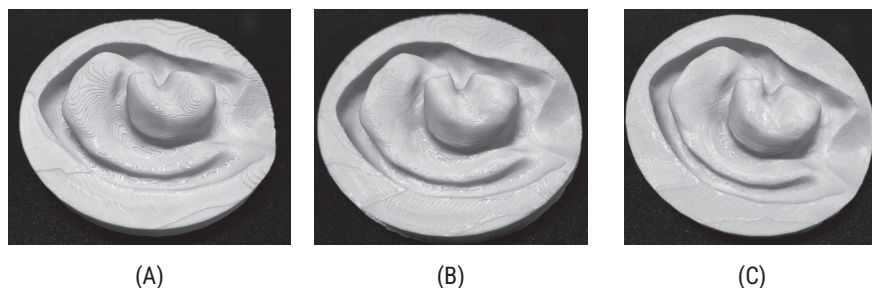
A orientação em 90°, embora tenha apresentado melhor acabamento na maioria das regiões, gerou suportes na região interna da cavidade auricular do molde. A remoção desses suportes resultou em marcas e rugosidades perceptíveis, comprometendo a qualidade superficial local (Figura 4).

Figura 4 - Etapas de posicionamento e impressão do molde: (A): Peça posicionada a 90°, mostrando a geração de suportes em árvore em algumas regiões; (B) Imperfeições geradas nas regiões que tiveram contato com o suporte na peça impressa



Por outro lado, a orientação com 0° mostrou-se a menos viável, pois foi a que obteve maior rugosidade devido ao efeito degrau de escada nas superfícies superiores, o que comprometeu a fidelidade geométrica dos moldes, independente da altura de camada escolhida (Figura 5).

Figura 5 - Peça impressa em 0°, mostrando o efeito escada nas três alturas de camada: (A) 0,20 mm; (B) 0,12 mm; (C) 0,08 mm



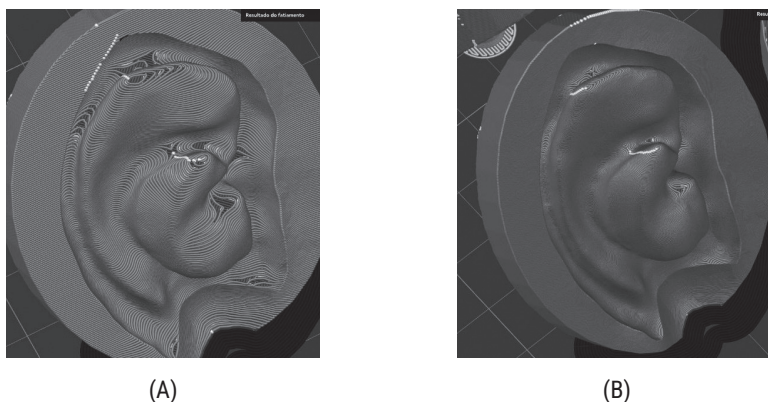
O programa Bambu Studio mostrou-se eficaz na identificação de regiões suscetíveis ao efeito escada e na visualização dos suportes gerados em áreas críticas, permitindo ajustes estratégicos ainda na fase de planejamento. Essa capacidade de simulação prévia possibilita a personalização da angulação e da altura de camada conforme as particularidades de cada molde, contribuindo significativamente para o acabamento superficial e a qualidade final das peças impressas.

Sendo assim, vale destacar que não existe uma angulação padronizada aplicável a todas as situações. A definição da orientação ideal deve ser feita caso a caso, com base na análise visual fornecida pelo programa de fatiamento. Neste estudo, as angulações de 45° e 90° mostraram-se as mais eficazes.

Conclui-se, portanto, que ajustes dentro desse intervalo tendem a oferecer melhores resultados, considerando a geometria e a complexidade anatômica específicas de cada molde.

O mesmo se aplica às alturas de camada: valores entre 0,08 mm e 0,12 mm apresentaram os melhores resultados em termos de acabamento superficial e redução do efeito escada. No entanto, é igualmente necessário avaliar, por meio da pré-visualização no programa de fatiamento (Figura 6), se a melhoria estética justifica o aumento significativo no tempo de impressão, já que camadas mais finas demandam maior tempo de processamento.

Figura 6 - Pré-visualização do molde no programa Bambu Studio: (A) Molde posicionado a 45°, com altura de camada de 0,20 mm, evidenciando áreas com acabamento superficial de baixa qualidade; (B) Mesmo molde posicionado a 45°, porém com altura de camada reduzida para 0,08 mm, apresentando melhora significativa no acabamento em comparação à configuração anterior



A fim de organizar e visualizar de forma comparativa os dados obtidos, a Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros de impressão utilizados em cada um dos nove modelos fabricados, bem como os principais resultados observados.

Tabela 2 - Síntese dos parâmetros de impressão e dos resultados nos nove modelos produzidos em 3D

Molde	Angulação	Altura de Camada	Rugosidade Superficial	Presença de Suportes	Observações	Tempo de Impressão
M1	0°	0,20 mm	Alta	Não	Forte efeito escada	1h
M2	0°	0,12 mm	Alta	Não	Forte efeito escada	1h30
M3	0°	0,08 mm	Média	Não	Forte efeito escada	2h
M4	45°	0,20 mm	Média	Não	Boa estabilidade	1h
M5	45°	0,12 mm	Baixa	Não	Melhor resultado	1h30
M6	45°	0,08 mm	Muito baixa	Não	Excelente fidelidade	2h
M7	90°	0,20 mm	Média	Sim	Suportes na cavidade	1h
M8	90°	0,12 mm	Baixa	Sim	Marcas visíveis	1h30
M9	90°	0,08 mm	Baixa	Sim	Compromete acabamento	2h

4. DISCUSSÃO

A tomografia computadorizada foi o único método adotado neste estudo para a obtenção de modelos tridimensionais do pavilhão auricular, devido à sua alta precisão na captação de estruturas anatômicas (LIACOURAS et al., 2011). Apesar de eficaz, a tomografia implica custos elevados e exposição à radiação ionizante, restringindo seu uso quando não há indicação clínica clara.

Como alternativa, a digitalização por escaneamento 3D do pavilhão auricular contralateral surge como uma técnica não invasiva, eficaz e segura, ideal especialmente em casos unilaterais. Esse método evita a radiação e fornece modelos anatômicos de alta fidelidade (CIOCCA et al., 2007; CIOCCA et al., 2010), embora dependa da disponibilidade de escâneres de alta precisão.

Independentemente da técnica de aquisição utilizada, a conversão dos dados para o formato STL e o posterior uso de softwares de modelagem CAD/CAM constituem etapas essenciais no processo digital, exigindo capacitação técnica adequada para sua execução (LIACOURAS et al., 2011).

O método de moldes bipartidos, conforme descrito por Franco (2021) para confecção de próteses nasais e oculopalpebrais, pode apresentar desafios específicos na remoção de próteses auriculares de silicone, devido à complexidade anatômica dessa região, o que pode resultar em danos ao material.

Um aspecto crítico no planejamento da impressão 3D é a angulação da peça em relação à mesa de impressão. A angulação adequada contribui significativamente para a redução do efeito escada, melhora o acabamento superficial e minimiza a necessidade de suportes, especialmente em superfícies curvas (UNKOVSKIY et al., 2019; DE CRESCENZIO et al., 2011). Embora não exista uma padronização universal, o ajuste estratégico da angulação do molde é vital para evitar suportes em regiões de moldagem da orelha, que podem comprometer o acabamento superficial com rugosidades acentuadas. Angulação de até 45°, combinadas com o corte na região de contato e o uso de um *brim* externo, podem reduzir ou eliminar a necessidade de suportes, promovendo estabilidade e adesão à base.

Programas de fatiamento como Bambu Studio, Creality Print ou Cura, são ferramentas essenciais no planejamento do processo, permitindo a visualização prévia da qualidade da impressão. Essa funcionalidade identifica regiões suscetíveis ao efeito escada, indicado por alterações cromáticas no preview, e sinaliza a geração de suportes. Isso permite ao operador ajustar a orientação da peça para evitar intervenções indesejadas, especialmente em áreas críticas.

A altura da camada é outro parâmetro crucial. Na tecnologia de manufatura aditiva por extrusão de material (MEX) com filamento de PLA, alturas de camada inferiores a 0,20 mm resultaram em um acabamento superficial satisfatório, suavizando o efeito escada. Contudo, é preciso ponderar a relação entre a qualidade estética e a eficiência produtiva, pois alturas de camada menores aumentam expressivamente o tempo de impressão.

A velocidade de impressão de 200 mm/s foi considerada satisfatória, embora programas como o Bambu Studio recomendem a redução da velocidade quando se usa alturas de camadas menores para evitar imperfeições decorrentes da deposição rápida do material em camadas mais finas. Em ambientes de produção ou quando múltiplos protótipos são necessários, as escolhas de angulação e altura de camada têm um impacto direto no tempo total de impressão.

A escolha do filamento de PLA para a impressão dos moldes foi baseada em suas propriedades intrínsecas e na sua adequação para a aplicação proposta e se mostrou adequada para a finalidade de prototipagem e fabricação de moldes para próteses auriculares, considerando a facilidade de acesso, custo-benefício e as características de impressão da Bambu Lab X1 Carbon.

As angulações dos moldes entre 45° e 90° foram a principal variável utilizada para reduzir a rugosidade superficial e atenuar o efeito escada. A orientação em 45° mostrou vantagens ao evitar a geração de suportes no interior do molde, preservando a fidelidade morfológica e o acabamento das superfícies da orelha. Todavia, orientações próximas de 0° ou menores que 45° aumentam o efeito de degrau de escada, comprometendo a precisão geométrica e anatômica.

Outras tecnologias como a Fotopolimerização em Cuba (VPP) oferecem precisão superior, com desvios dimensionais abaixo de 0,2 mm e menor necessidade de acabamento (UNKOVSKIY et al., 2019), mas são menos acessíveis devido aos custos. Adicionalmente, moldes impressos em resina podem interferir negativamente na cura do silicone (CHEN et al., 2024).

Conclui-se que a combinação de um fluxo digital bem estruturado, materiais adequados, segmentação eficiente e controle preciso dos parâmetros de impressão, como angulação da peça, altura de camada e planejamento da geração de suportes, é uma alternativa viável ao processo convencional de produção de próteses auriculares, com potencial para aplicações clínicas que exigem alta precisão e qualidade estética.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da manufatura aditiva na confecção de moldes para próteses auriculares, com foco na impressão 3D utilizando a tecnologia MEX de manufatura aditiva e filamento de PLA. Os resultados confirmam que os objetivos foram plenamente alcançados, demonstrando que a correta aplicação de parâmetros de fabricação pode melhorar significativamente a qualidade superficial e anatômica dos moldes.

Concluiu-se que a angulação entre 45° e 90° e o controle da altura de camada são fatores determinantes para reduzir o efeito escada, melhorar o acabamento e evitar danos nas estruturas internas do molde.

Como contribuição principal, o trabalho reforça o potencial da manufatura aditiva como alternativa viável à moldagem convencional, com benefícios nas áreas da Saúde, Engenharia e Tecnologia Assistiva. Recomenda-se, como desenvolvimento futuro, a realização de estudos técnicos aprofundados que descrevem metodologias específicas para a confecção e planejamento digital de moldes tripartidos voltados à produção de próteses auriculares, considerando geometria, encaixe e desmoldagem segura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pelo apoio financeiro através do NAPI-TA (Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação em Tecnologia Assistiva), ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora e ao NUFER (Núcleo de Manufatura Aditiva e Ferramental), seus colaboradores de Iniciação Científica (IC) e professores que auxiliaram no processo.

REFERÊNCIAS

- CHEN, S. et al. *Silicone cure inhibition with material jetting additive manufacturing utilized for facial prosthesis fabrication. Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, Thousand Oaks, v. 168, n. 6, p. 1580-1583, jun. 2024.
- CIOCCA, L. et al. *CAD/CAM bilateral ear prostheses construction for Treacher Collins syndrome patients using laser scanning and rapid prototyping. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Amsterdã, v. 39, n. 6, p. 379-386, jun. 2010.
- CIOCCA, L. et al. *CAD/CAM Ear Model and Virtual Construction of the Mold. Journal of Prosthetic Dentistry*, St. Louis, v. 125, n. 3, p. 467-472, mar. 2021.
- CIOCCA, L. et al. *CAD/CAM ear model and virtual construction of the mold. Journal of Prosthetic Dentistry*, St. Louis, v. 98, n. 5, p. 339-343, nov. 2007.
- CRUZ, R. L. J. et al. *An Advanced Prosthetic Manufacturing Framework for Economic Personalised Ear Prostheses. Scientific Reports*, London, v. 10, 14892, 2020.
- DE CRESCENZIO, F. et al. *Design and manufacturing of ear prosthesis by means of rapid prototyping technology. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, Londres, v. 225, n. 3, p. 296-302, mar. 2011.
- ELBASHTI, M. et al. *Application of Digital Technologies in Maxillofacial Prosthetics Literature: A 10-Year Observation of Five Selected Prosthodontics Journals. International Journal of Prosthodontics*, Chicago, v. 32, n. 1, p. 45-50, jan./fev. 2019.
- FRANCO, F. M. *Uso de modelagem 3D e manufatura aditiva no auxílio à fabricação de próteses faciais de silicone*. 2021. 68 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.
- JAKUPI, A. et al. *Surface Roughness Modeling of Material Extrusion PLA Flat. International Journal of Polymer Science*, Cairo, v. 2023, 3282086, 2023.
- LIACOURAS, P. et al. *Designing and manufacturing an auricular prosthesis using computed tomography, 3-dimensional photographic imaging, and additive manufacturing: A clinical report. Journal of Prosthetic Dentistry*, St. Louis, v. 105, n. 2, p. 78-82, fev. 2011.
- MOHAMMED, M. I. et al. *Augmented patient-specific facial prosthesis production using medical imaging modelling and 3D printing technologies. Medical Engineering & Physics*, Oxford, v. 38, n. 9, p. 5-10, set. 2016.
- NISHIMURA, R. D. et al. *Auricular prostheses and osseointegrated implants: UCLA experience. Journal of Prosthetic Dentistry*, St. Louis, v. 73, n. 6, p. 553-558, jun. 1995.
- TAM, C. K. et al. *Psychosocial and Quality of Life Outcomes of Prosthetic Auricular Rehabilitation with CAD/CAM Technology. International Journal of Dentistry*, Cairo, v. 2014, 393571, 2014.
- TANVEER, W. et al. *Applications of CAD/CAM Technology for Craniofacial Implants Placement and Manufacturing of Auricular Prostheses - Systematic Review. Journal of Clinical Medicine*, Basel, v. 12, n. 18, 5950, set. 2023.
- UNKOVSKIY, A. et al. *Additive Manufacturing: A Comparative Analysis of Dimensional Accuracy and Skin Texture Reproduction of Auricular Prostheses Replicas. Journal of Prosthodontics*, Hoboken, v. 28, n. 2, p. e460-e468, fev. 2019.