

Produção de órtese craniana de baixo custo para o tratamento de plagiocefalia posicional por meio da manufatura aditiva

Oliveira, Vitória Souza^{*1}; Dantas, Laura Sousa²; Tebas, Maria Luísa Lopes³; Gonçalves, Pedro Henrique⁴

1 – Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, UFG, oliveira_oliveira@discente.ufg.br

2 – Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, UFG, lauradantas@discente.ufg.br

3 – Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, UFG, maria_tebas@discente.ufg.br

4 – Faculdade de Artes Visuais, UFG, pedrogoncalves@ufg.br

* -Correspondência: Av. Esperança, s/n, FAV UFG – Campus Samambaia, Goiânia, Goiás, Brasil, 74690-900.

DOI 10.52050/9788579177149-08

RESUMO

A plagiocefalia posicional (PP), caracteriza-se como uma assimetria craniana, resultante de fatores externos, tendo como uma opção de tratamento, a utilização de órtese craniana. Este estudo, objetivou produzir uma órtese de baixo custo para o tratamento de PP, utilizando o método de manufatura aditiva (AM) de forma a torná-la mais acessível, além de analisar sua viabilidade. O processo metodológico, ocorreu na seguinte ordem: planejamento, escaneamento, modelagem, impressão 3D e revestimento. A estratégia utilizada demonstrou eficiência, resultando em um produto de baixo custo. O método aplicado, apresentou potencialidade para a fabricação de tecnologias assistivas acessíveis, revelando a necessidade de novas investigações.

Palavras-chave: Plagiocefalia posicional, órtese craniana, manufatura aditiva.

ABSTRACT

Positional plagiocephaly (PP) is characterized as cranial asymmetry resulting from external factors, with the use of cranial orthosis as a treatment option. This study aimed to produce a low-cost orthosis for the treatment of PP, using the additive manufacturing (AM) method to make it more accessible, in addition to analyzing its feasibility. The methodological process occurred in the following order: planning, scanning, modeling, 3D printing, and coating. The mechanism used demonstrated efficiency, resulting in a low-cost product. The applied method showed potential

for the manufacture of accessible assistive technologies, revealing the need for further investigations.

Keywords: Positional plagiocephaly, cranial orthosis, additive manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

A plagiocefalia posicional (PP) é caracterizada como uma assimetria do crânio do bebê, decorrente de fatores externos, que provocam mais comumente um achatamento occipital (CUMMINGS, 2011, p. 493). Os sinais clínicos que podem ser observados são o achatamento unilateral da região parieto-occipital e um abaulamento da região parieto-occipital contralateral, deixando o crânio em formato de um paralelograma (KLOSE, 2023, p.136). Compreende-se essas assimetrias em 5 estágios: tipo I, II, III, IV e V, avançando de uma deformidade leve à grave (ARGENTA, 2004, p. 369).

Em um estudo de coorte (HUTCHISON, 2004, p. 972) com um grupo de 200 lactentes, a prevalência de PP em bebês de 6 semanas foi de 16%; quase 20% aos 8 meses; e 6,8% aos 12 meses. A PP possui como fatores de risco os aspectos sociodemográficos, socioeconômicos, obstétricos infantis e de cuidado infantil, dentre eles se encontram o nível de ensino da mãe, paridade, período de gestação, educação pré-natal e problemas no pescoço, como o torcicolo congênito (BIALOCERKOWSKI; *et al.*, 2008, p. 580). Os tratamentos para essas assimetrias podem incluir fisioterapia e a utilização de órteses cranianas ou capacetes, como são comumente conhecidos (LAMBERTA, *et al.*, p. 126, 2024).

No que tange à órtese craniana, ela atua como um dispositivo para redirecionar o desenvolvimento do crânio para as áreas achatadas (ROGERS, 2011, p. 20). Porém, um fator que pode impossibilitar o seu uso em muitos pacientes, é o seu elevado valor (SANTOS; GOBBO JUNIOR, 2016, p. 8). Nesse sentido, visando a redução de preço, essa órtese pode ser produzida através da manufatura aditiva (AM), também conhecida como impressão 3D que possui como características a fabricação de produtos com designs complexos e a otimização de custos e tempo (NGO, *et al.*, 2018, p. 172).

Em uma revisão (CHOO, *et al.*, 2020, p. 4.267), foi identificado que as órteses impressas em 3D podem aprimorar os preceitos biomecânicos e cinemáticos, possibilitando a projeção de dimensões exatas, outrossim, as impressoras 3D são extremamente precisas. As órteses impressas em 3D, estão possibilitando inovações e dispositivos mais confortáveis e funcionais (POPISTER, *et al.*, 2024, p. 2).

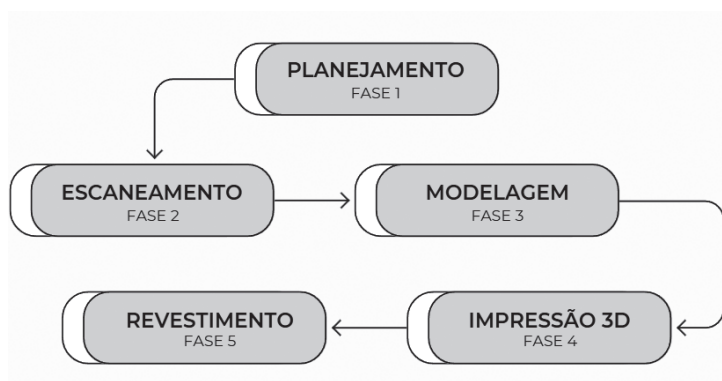
Nesse contexto, este estudo tem como objetivo desenvolver uma órtese de baixo custo para o tratamento de plagiocefalia posicional, utilizando a

manufatura aditiva, de forma a tornar essa tecnologia assistiva mais acessível e avaliar a viabilidade deste método.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico de uma órtese craniana. Para sua criação foi realizada as seguintes fases: Planejamento, escaneamento, modelagem, impressão 3D e revestimento, demonstradas na figura 1.

Figura 1 - Fluxograma das fases de desenvolvimento do produto



Almejando entender mais sobre as vantagens do tratamento com o capacete e a construção do mesmo por meio da impressão 3D, foi realizada uma busca na literatura sobre essa temática, nas bases de dados, Scientific Electronic Library Online - SciELO Brasil National Library of Medicine (NLM) - PubMed, e Scopus, utilizando a estratégia de busca cruzada com os operadores booleanos “OR” e “AND” da seguinte forma: “positional plagiocephaly treatment” AND “cranial orthosis”, “3d printing” AND “cranial helmet” e “cranial orthosis” OR “additive manufacturing”. Também foi realizada uma busca em sites de produtos ortopédicos, de um mesmo modelo de capacete produzido com impressão 3D, e efetuou-se uma comparação de seus preços. A partir dos resultados, houve o planejamento (Fase 1) de uma órtese que fosse viável no tratamento de PP e que possuisse um baixo custo de produção.

Posteriormente, foi efetuado o escaneamento (fase 2) da região cefálica de uma boneca do tipo recém-nascido, sem simulações de deformidades, utilizando o aplicativo “3D Scanner App” de um smartphone modelo Iphone 11, que permite obter uma imagem digitalizada. Optou-se pela utilização desse brinquedo, pois o presente estudo não realizou ensaios clínicos e teve como objetivo desenvolver a órtese e analisar a viabilidade do método e seus custos.

As imagens escaneadas foram importadas para o software Fusion 360 (figura 2), onde foi feita a modelagem da órtese (fase 3), contornando o formato do crânio escaneado e buscando assemelhar-se à forma das órteses para PP existentes no mercado (figura 3). Além disso, o modelo contou com um furo na região superior da órtese e a espessura utilizada foi de 1 mm em toda a peça.

Adiante, na fase 4, a órtese foi impressa. Para isso, selecionou-se o filamento Apex Carbon, sendo este um terpoliéster semiflexível com enxertos de carbono, com as seguintes características: alta resistência à tração (32 MPa), flexão (40 MPa) e impacto (57 kJ/m²) e foi utilizada a impressora 3D Creality K1 Max para a execução da peça. Por fim, na fase 5 realizou-se o revestimento do equipamento, utilizando o etileno acetato de vinila (EVA) na cor preta, com espessura de 3 mm e uma cola líquida para polímeros atóxica, para fixar o velcro na órtese e no EVA.

3. RESULTADOS

O presente estudo, buscou relatar o processo de produção de uma órtese craniana de baixo custo para o tratamento da plagiocefalia posicional, utilizando manufatura aditiva. Para isso, houve uma divisão em 5 fases: planejamento, escaneamento, modelagem, impressão 3D e revestimento.

Na primeira fase, após a busca de dados, constatou-se os benefícios do capacete, como um tratamento não invasivo e seus elevados valores no mercado. Essas informações foram essenciais para a realização do planejamento, visto que, a partir delas, foi possível entender quais os aspectos que ocasionam as deformidades, os métodos atuais para a sua reversão, as manutenções feitas no equipamento, sua durabilidade e formas de escaneamento mais eficientes. Nessa mesma fase, também se notou a necessidade da personalização do equipamento, que deve ser projetado de acordo com as medidas do usuário.

Na etapa de escaneamento, optou-se pelo método mais simples e que garantisse boa precisão, o qual foi viabilizado pela câmera de um smartphone Iphone 11. A partir do escaneamento foi possível a produção do molde da região cefálica, sendo imprescindível para a modelagem do protótipo e definição das escalas para a impressão 3D.

Já na fase 3, as imagens escaneadas foram importadas para o software Fusion 360 (figura 2), onde foi feita a modelagem da órtese, contornando o formato do crânio escaneado e buscando assemelhar-se à forma das órteses para PP existentes no mercado (figura 3). Além disso, o modelo contou com um furo na região superior da órtese e a espessura utilizada foi de 1 mm em toda a peça. De modo geral, a modelagem executada no software Fusion 360 desenvolveu-se de forma rápida, possibilitando alterações posteriores sem custos adicionais.

Figura 2 - Imagem importada do Fusion 360

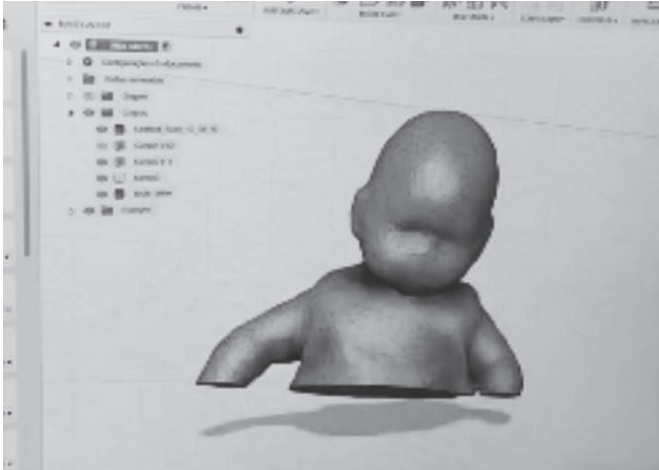
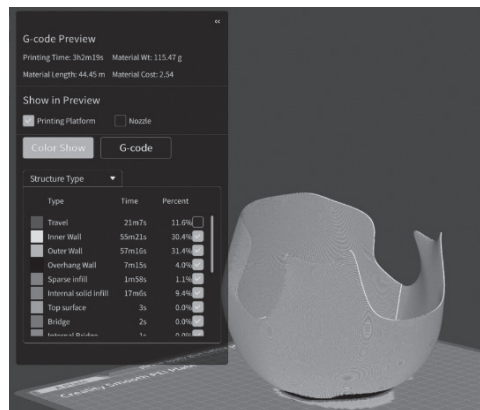


Figura 3 - Órtese modelada



Ressalta-se que, na modelagem, a abertura realizada na parte superior do capacete, buscou permitir a circulação de ar. Outrossim, foi realizada uma fenda com travas, em uma das laterais, adicionando um elástico resistente, de modo a possibilitar que a órtese pudesse acompanhar a expansão do crânio, sem afetar sua funcionalidade de compressão.

A impressão 3D proporcionou um objeto consideravelmente leve (162 gramas) e de rápida produção (3 horas 2 minutos 19 segundos), além de ter um custo reduzido (Tabela 1), especialmente quando comparado aos valores ofertados no ambiente comercial. Ao realizar uma pesquisa de mercado, encontrou-se valores que chegam até R\$ 5.775,00.

No total foram gastos 108 gramas de filamento terpoliéster semi flexível com enxertos de carbono, que tem como aspectos a durabilidade e estabilidade, além de proporcionar um acabamento satisfatório. Por conseguinte, garantindo um equipamento com rigidez adequada, de forma a resistir a pressões leves e proporcionar espaço nos locais abaulados, guiando o crescimento encefálico corretamente e impedindo o aumento das regiões protuberantes.

Tabela 01 - Custo da Órtese Craniana produzida

Materiais e equipamentos	Quantidade	Preço total (R\$)
Folha de EVA 400x600x3mm	1 uni	0,84
Impressão 3D	-	49,00
Total	-	49,84

No que tange ao revestimento, esse processo ocorreu manualmente, utilizando etileno acetato de vinila (EVA) (figura 4). Foi utilizado velcro para a fixação do EVA na órtese, com o intuito de promover o encaixe entre eles, facilitando a retirada para higienização da área de contato com a pele e realização de possíveis modificações na espessura. Vale destacar que ele ocorreu de forma uniforme em toda a órtese, porém a espessura do revestimento pode variar de acordo com a deformidade e sua localidade. Por fim, a órtese finalizada (Figura 5) foi posicionada na boneca (Figura 6).

Figura 4 - Posicionamento do velcro no EVA e no capacete



Figura 5 - Órtese finalizada

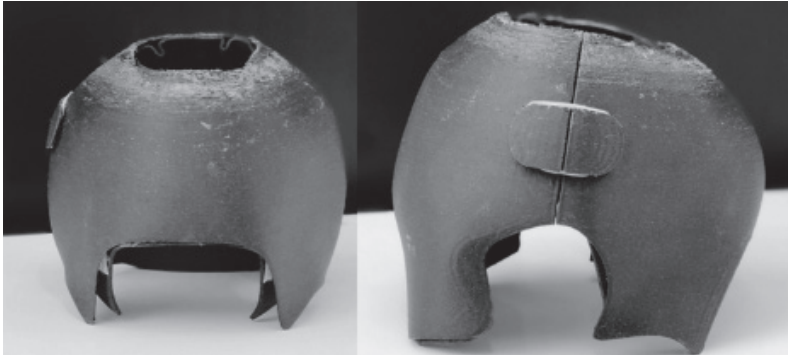


Figura 6 - Órtese posicionada na boneca



4. DISCUSSÃO

A Órtese Craniana (capacete) promove melhora da assimetria craniana em crianças com plagiocefalia posicional (TAMBER, 2016, p. 663), sendo de alta relevância o seu uso. Como enfatizado (KLUBA, *et al.*, 2011, p. 497) o início da terapia com o capacete é um fator de suma importância que reflete no resultado, sendo que em casos graves, o adiamento do uso pode desencadear situações irreversíveis. Em uma pesquisa (JUNN, *et al.*, 2022, p. 457), foi identificado que grupos com maior vulnerabilidade socioeconômica possuem menor probabilidade de conseguirem órteses cranianas ou conseguem de forma tardia, afetando o tratamento. Logo, nota-se que os elevados valores das órteses se configuram como verdadeiras barreiras para o tratamento de bebês com PP.

Nesse contexto, identifica-se a extrema importância de se viabilizar e aplicar métodos de produção de baixo custo, como a empregada neste estudo, utilizando os métodos de escaneamento, modelagem e impressão 3D, para que a

população mais vulnerável socioeconomicamente, consiga ter acesso a produtos de saúde dos quais necessitam.

A manufatura aditiva é um método que proporciona maior sustentabilidade e redução de custos, na medida que há pouco desperdício de material, os resíduos da produção podem ser reaproveitados, não é necessário despesas com estoques de armazenamento e não possui fases de montagem (CALIGNANO, MERCURIO, 2023, p. 8). Outrossim, a AM além de demonstrar eficiência, revela-se uma potencialidade para produções de tecnologias assistivas em grande escala e com custos reduzidos, acarretando produtos mais acessíveis.

No que concerne a órtese craniana, o conforto e a modelagem também são fatores fundamentais, visto que o dispositivo deve-se ajustar as proeminências do crânio do bebê, de modo que ocorra uma aplicação de forças nessas regiões, e o crescimento craniano seja direcionado para as regiões com deformidades, proporcionando a correção (PICART, *et al.*, 2019, p. 103; SCHREEN; MATARAZZO, 2012, p. 117).

Entretanto, embora este estudo tenha alcançado o seu objetivo, apresenta limitações por utilizar como modelo uma boneca, sem a realização de testes em indivíduo com PP. Dessa forma, torna-se de extrema importância um novo estudo com ensaios clínicos para analisar a eficácia do modelo de órtese craniana desenvolvido.

5. CONCLUSÕES

Em suma, o presente estudo buscou desenvolver uma órtese craniana para tratamento de plagiocefalia posicional, utilizando a manufatura aditiva, de modo a produzir um dispositivo mais acessível e avaliar a viabilidade deste método, alcançando o seu objetivo, visto que o método utilizado propiciou a construção do dispositivo com custos, quantidade de materiais e tempo de produção baixos, obtendo resultados satisfatórios.

A impressão 3D demonstrou ser um método eficiente em diversos aspectos, principalmente, no que tange a redução de valores, que é um dos fatores principais para se oferecer produtos de fácil obtenção. Outrossim, enfatiza-se a necessidade emergente de novas investigações, para que se amplie a quantidade de órteses e próteses produzidas por métodos que possibilitem a fabricação de dispositivos com valores acessíveis para a sociedade, principalmente, para os grupos mais vulneráveis socioeconomicamente.

Por fim, este estudo é um fomentador para novas investigações com ensaios clínicos, de modo a testar a eficácia do produto construído, gerando novas percepções sobre o desenvolvimento de tecnologias assistivas de baixo custo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) pelo financiamento, viabilizando o desenvolvimento do presente estudo.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, L. Clinical Classification of Positional Plagiocephaly. *The Journal of Craniofacial Surgery*, [s/l], v. 15, n. 3, p. 368-372, Mai. 2004.

ALPEROVICH, M. Disparities in Access to Cranial Remodeling Orthosis for Deformational Plagiocephaly. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*, [s/l], v. 60, n. 4, p. 454-460, Abr. 2023.

BIALOCERKOWSKI, A. E.; VLADUSIC, S. L.; NG, C. W. Prevalence, risk factors, and natural history of positional plagiocephaly: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, v. 50, n. 8, p. 577-586, Ago. 2008.

CALIGNANO, F.; MERCURIO, V. An overview of the impact of additive manufacturing on supply chain, reshoring, and sustainability. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, [s/l], v. 7, n. 100103, p. 1-10, Jun. 2023. CHOO Y. J.; BOUDIER-REVÉRET M.; CHANG M. C. 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: narrative review. *Annals of Palliative Medicine*. [s/l], v. 9, n. 6, p. 4262-4270, Nov. 2020.

CUMMINGS, C. Positional plagiocephaly. *Paediatr Child Health*, [s/l], v. 16, n. 8, p. 493-494, Out. 2011.

HUTCHISON, B. L.; HUTCHISON, L. A. D.; THOMPSON, J. M. D.; MITCHELL, E. A. Plagiocephaly and brachycephaly in the first two years of life: a prospective cohort study. *Pediatrics*, [s/l], v. 114, n. 4, p. 970-979, Out. 2004.

JUNN, A.; DINIS, J.; LONG, A.; HAUC, S.; PHILLIPS, S.; JUNN, A. J.; REATEGUI, A.; LOPEZ, J.; PER-SING, J. A.;

ALPEROVICH, M. Disparities in Access to Cranial Remodeling Orthosis for Deformational Plagiocephaly. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*, [s/l], v. 60, n. 4, p. 454-460, Abr. 2023.

KLOSE, V. B.; DUPRÉ, M. L. I.; FERREIRA, A. Z. Consideraciones actuales en el abordaje de la plagiocefalia posicional. *Andes Pediatría*, [s/l], v. 94, n. 2, p. 134-143, Fev. 2023.

KLUBA, S.; KRAUT, W.; REINERT, S.; KRIMMEL, M. What is the optimal time to start helmet therapy in positional plagiocephaly?. *Plast and Reconstructive Surgery*, [s/l], v. 128, n. 2, p. 492-498, Ago. 2011.

LAMBERTA, L. K.; MURRAY, T. R.; GEHRED, A.; WEISLEDER, P. Helmet Therapy for Positional Plagiocephaly: A Systematic Review of the Tools Used to Diagnose, Offer Treatment Recommendations, and Assess Treatment Outcomes of the Condition. *Pediatric Neurology*, [s. l.], v. 161, p. 125-131, Dez. 2024. NGO, Tuan D.; KASHANI, A.; IMBALZANO, G.; NGUYEN, K. T.Q.; HUI, D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, [s. l.], v. 143, p. 172-196, 2018.

PICART, T.; BEURIAT, P. A.; SZATHMARI, A.; ROCCO, F.; MOTTOLESE, C. Positional cranial deformation in children: A plea for the efficacy of the cranial helmet in children. *Neurochirurgie*, [s/l], v. 66, n. 2, p. 102-109, Abr. 2020.

POPISTER, F.; DRAGOMIR, M.; CIUDIN, P.; GOIA, H. S. Empowering Rehabilitation: Design and Structural Analysis of a Low-Cost 3D-Printed Smart Orthosis. *Polymers*, Basileia, v. 16, n. 10, p. 1-16, Maio. 2024.

ROGERS, G. F. Deformational Plagiocephaly, Brachycephaly, and Scaphocephaly. Part II: Prevention and Treatment. *The Journal of Craniofacial Surgery*, [s/l], v. 22, n. 1, p. 17-23, Jan. 2011.

SANTOS, G. J. B.; GOBBO JUNIOR, O. Desenvolvimento de uma órtese ajustável para o tratamento da plagiocefalia posicional. 2016. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SCHREEN, G.; MATARAZZO, C. G. Tratamento de plagiocefalia e braquicefalia posicionais com órtese craniana: estudo de caso. *Einstein*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 114-118, Mar. 2013.

TAMBER, M. S.; NIKAS, D.; BEIER, A.; BAIRD, L. C.; BAUER, D. F.; DURHAM, S.; KLIMO, P. J.; LIN, A. Y.; MAZZOLA,

C.; SMITH, M. C. C.; MITCHELL, L.; TYAGI, R.; FLANNERY, A. M. Guidelines: Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guideline on the Role of Cranial Molding Orthosis (Helmet) Therapy for Patients With Positional Plagiocephaly. *Neurosurgery*, [s/l], v. 79, n. 5, p. 632-633, Nov. 2016.