



SUPERANDO DIFICULDADES NO PROTOCOLO DE GERAÇÃO DE MODELO GEOMÉTRICO A PARTIR DE IMAGENS MÉDICAS

Ana Beatriz Simões Gonçalves[0000-0001-7130-4034], Universidade Federal de Juiz de Fora, abeatrizsg@hotmail.com

Flávia de Souza Bastos[0000-0001-9573-8996], Universidade Federal de Juiz de Fora, flavia.bastos@ufjf.br

Nádia Roberta Chaves Kappaun[0000-0002-9743-3392], Universidade Federal de Juiz de Fora, nadi-afst@gmail.com

Resumo. *Existem diversos softwares utilizados atualmente com o intuito de reconstruir estruturas tridimensionais a partir de imagens médicas, mas nem sempre o modelo gerado possui um bom resultado. Em algumas vezes é necessário manipulações para alcançar o resultado final. O objetivo desse estudo consiste em testar técnicas em busca de aprimorar esses resultados, através de protocolos de modelagem geométrica. Para corrigir os modelos geométricos foi utilizado o software MeshMixer, que pode ser considerada uma ferramenta para manipulação de modelos 3D, que possui diversos recursos. Os resultados alcançados ao final foram bastante condizentes com o esperado, visto que todos os artefatos foram consertados.*

Palavras chave: *modelos geométricos, imagens médicas, protocolos, softwares*

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e o surgimento de novas técnicas cada vez mais eficientes, os modelos em três dimensões estão se tornando cada vez mais próximos da realidade. As técnicas de modelagem geométrica e impressões 3D já se encontram presentes em diversas áreas, mas uma das mais estudadas atualmente é a aplicação na área da medicina, e o esperado é que essa modernidade possa trazer grandes benefícios na saúde (Matozinhos et al. 2017).

As imagens médicas são oriundas de processos físicos, como raios X, ultrassom, tomografia e ressonância magnética. Tais processos estão se tornando cada vez mais robustos e tendo sua utilização ampliada pelo fato de serem não invasivos, ou seja, é possível obter informações sobre o funcionamento de determinado órgão, sua estrutura, e até formação de tumores, por exemplo, sem a necessidade de intervenções cirúrgicas, proporcionando ao paciente diagnósticos e tratamentos muito precisos (Volpato, 2017).

Existem alguns softwares com funcionalidades próprias para geração de modelos geométricos a partir de imagens médicas, como é o caso do InVesalius e 3DSlicer. O InVesalius teve seu desenvolvimento iniciado em 2010 pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI, e se destaca por ser um software livre, multiplataforma e também multi-idioma, que pode ser executado em computadores pessoais (Amorim et al. 2011). Já o 3DSlicer é um software de código aberto, gratuito, e possui a mesma finalidade do InVesalius, computação de imagens médicas (Fedorov et al. 2012).

Ambos os softwares citados acima auxiliam extremamente o processo de geração de modelos geométricos, mas a qualidade e riqueza de detalhes dos modelos gerados depende muito das características da imagem médica que foi utilizada e, em grande parte das vezes, as imagens adquiridas provêm de exames médicos cuja finalidade não era a de reconstrução da geometria. A realização de exames propositalmente para pesquisa requer a aprovação de projetos pelo comitê de ética das instituições e sociedades. Além disso, podem existir também casos onde a imagem, mesmo tendo alta resolução, apresente alguma imperfeição. E em ambos os casos, quando o modelo 3D é gerado, é necessário alguns ajustes de forma manual para obter um resultado satisfatório.

Diante disso, o objetivo desse trabalho consiste em testar técnicas em busca de aprimorar os resultados para modelos biológicos, onde a utilização dos softwares e as imagens médicas não foram suficiente para gerar modelos 3D satisfatórios e foi necessário ajustes manuais a fim de corrigir os artefatos.

2. MÉTODOS E RESULTADOS

A utilização de imagens médicas auxilia na observação de informações que em muitas das vezes, não seriam visíveis a olho humano (Volpato, 2017). Nesse artigo serão utilizadas imagens vindas de duas fontes distintas, a microtomografia computadorizada e a ressonância magnética.

A microtomografia computadorizada, também conhecida como tomografia computadorizada de alta resolução, con-



enebi 2022

siste em um exame que possibilita a visualização tridimensional de pequenas amostras, através da união digital de vários cortes transversais (Queiroz et al. 2019). Já a ressonância magnética, produz imagens baseadas na interação dos prótons de hidrogênio do tecido humano com o campo magnético produzido pelo equipamento, fazendo com que um pulso seja enviado, e o sinal obtido seja convertido em uma imagem ou informação (Mazzola, 2009). Ambos os dois tipos de exames geram imagens no formato internacional DICOM, padrão que permite que diversos sistemas e equipamentos de diferentes fabricantes hospitalares ou clínicos possam acessá-lo (Volpato, 2017).

Com o intuito de alcançar o objetivo proposto no trabalho, foram utilizados os dois softwares mencionados, o InVesalius e o 3DSlicer. Para a suavização e correção dos artefatos gerados foi utilizado o software MeshMixer, utilizado para trabalhar com malhas triangulares.

2.1 Modelo geométrico de um dente

A primeira imagem médica utilizada nesse estudo consistiu de um exame de microtomografia computadorizada (com alta resolução) de um dente molar de um paciente, a fim de obter o modelo geométrico do mesmo para ser utilizado em projetos de pesquisa. Nesse primeiro caso, foi utilizado o software InVesalius.

O modelo gerado através da imagem médica possui um artefato, onde uma das laterais superiores se encontra com uma abertura, um "buraco". Seria inviável utilizar o modelo dessa forma para realizar qualquer tipo de análise, então, por isso, foi necessário utilizar o software MeshMixer para resolver o problema.

O MeshMixer aceita importação de arquivos com extensão STL, que representa um formato de arquivo desenvolvido pela empresa 3D Systems, onde a superfície do modelo é representada pela união de vários triângulos dispostos e endereçados que formam uma malha triangular. Esse tipo de arquivo contém informações sobre as coordenadas X, Y e Z e o vetor normal que define cada triângulo (Lira, 2021). O InVesalius gera arquivos nesse formato, o que facilita a manipulação dos mesmos entre os softwares.

Então, ao importar o modelo para o Meshmixer, foi necessário aplicar algumas técnicas para preencher o lado que estava faltando. Nesse caso, utilizou-se o lado oposto, que estava totalmente preenchido, para obter um molde que preencheria a extremidade defeituosa. Para isso, espelhou-se o modelo com uma nova cópia, e foi feita a sobreposição de ambos e também alguns ajustes para encontrar a melhor posição e, ao finalizar esses ajustes, as duas peças foram combinadas, para se tornarem um único modelo. Para finalizar, foram feitas algumas suavizações com a ferramenta "Sculpt" do MeshMixer, com o intuito de deixar o mais próximo possível do real. A comparação entre o modelo original obtido no InVesalius e o que foi obtido após os processamentos é mostrada na Fig. (1).

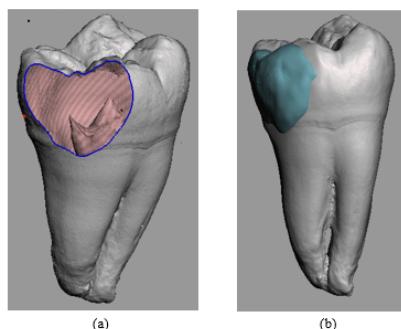


Figure 1. (a) Modelo geométrico obtido através do software InVesalius, (b) Modelo geométrico após processamento no MeshMixer, Figura das autoras

2.2 Modelo geométrico do útero feminino

A segunda imagem médica utilizada foi de um exame de ressonância magnética da pelve de uma paciente, onde o objetivo era extrair um modelo geométrico para o útero feminino, juntamente com a vagina. Nesse caso, a imagem médica estava com uma qualidade e resolução bem baixas, o que dificultou na geração do modelo geométrico. Por isso, foram utilizados os softwares InVesalius e 3DSlicer para tentar construir o modelo. No software InVesalius, foi preciso selecionar a região de interesse em cada fatia de uma das vistas da imagem, pois só com o método automático do software não foi possível, pois apresentava um modelo com muitos ruídos, sendo extremamente difícil identificar cada órgão e cada parte do modelo.

Então, após selecionar todas as fatias de interesse, foi gerado o modelo 3D pretendido. Porém, o resultado não estava muito satisfatório, sendo necessário também alguns ajustes de suavização com a ferramenta "Sculpt", que foram realizadas



enebi 2022

pelo software MeshMixer, e os resultados são apresentados na Fig. (2), onde é possível comparar o modelo original do InVesalius com o obtido após a suavização.

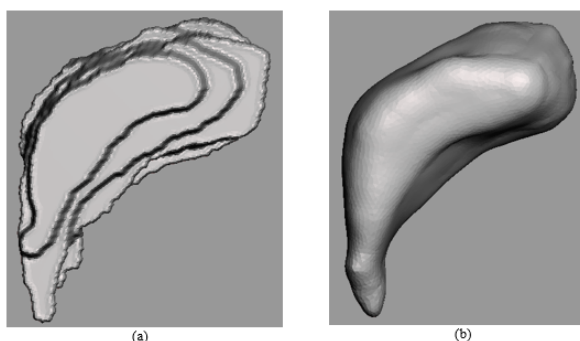


Figure 2. (a) Modelo geométrico obtido através do software InVesalius, (b) Modelo obtido após suavizações com o software MeshMixer, Figura das autoras

Mas mesmo após os procedimentos realizados, o resultado ainda não estava agradável, pois pode ser observado na Fig. (2b) que as laterais estavam achatadas, não correspondendo ao formato curvo (elipsoidal) do útero real.

A fim de buscar melhorias, foi utilizado o software 3DSlicer com a mesma imagem médica utilizada anteriormente, com o intuito de obter resultados melhores e sem a necessidade de interações manuais, utilizando as seguintes ferramentas do próprio software: Segment Editor -> Add -> Threshold -> Ajustando o Threshold Range entre 563.75 e 1690.00. Mas como a resolução das imagens estava baixa, o modelo gerado ainda estava com bastante ruídos, mas foi possível identificar a parte interna da vagina nesse modelo, conforme mostra a Fig. (3).

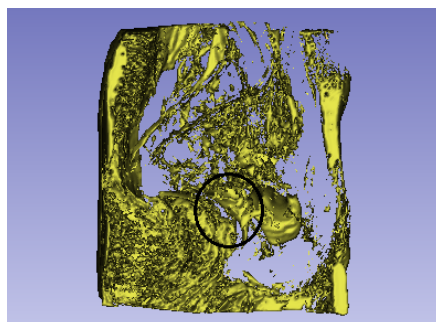


Figure 3. Modelo geométrico obtido com o software 3DSlicer com identificação da vagina, Figura das autoras

Porém, para obter apenas a vagina, que era a parte de interesse, foi preciso mais uma vez a utilização do software MeshMixer, para deletar o que estava ao redor, e após, aplicar novamente o processo de suavização, buscando um resultado satisfatório, como apresentado na Fig. (4).

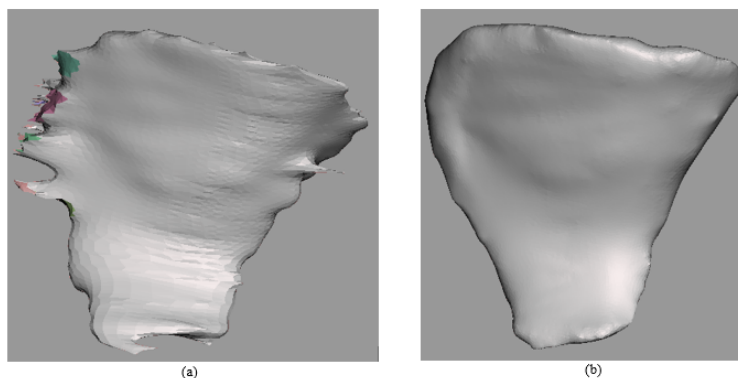


Figure 4. (a) Modelo geométrico obtido após realizar a limpeza do modelo apresentado anteriormente, (b) Modelo obtido após suavizações, Figura das autoras



enebi 2022

Como o intuito era obter um modelo para o útero o mais próximo possível da realidade, o apresentado na Fig. (2b) não estava satisfatório, pois era apenas um sólido, e não possuía, por exemplo, o canal vaginal. Então foi preciso utilizar ambos os modelos apresentados na Fig. (2b) e Fig. (4b), para uni-los e obter o modelo desejado.

Como o modelo da vagina obtido era apenas a parte interna, foi preciso criar uma casca exterior, a fim de representar o órgão com maior riqueza de detalhes.

Com os dois modelos prontos, foi preciso realizar a interseção de ambos, e para isso foi eliminada a metade inferior do útero apresentado na Fig. (2b), que era a parte que representava a vagina, para que fosse possível acoplar o novo modelo da vagina obtido.

Ao realizar a combinação de ambos, foi possível encontrar o resultado esperado, que é mostrado na Fig. (5).

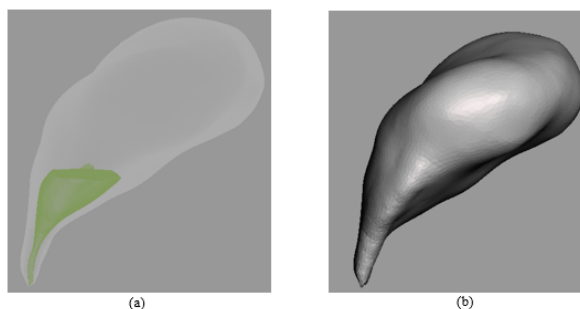


Figure 5. (a) Vista do interior do modelo geométrico do útero, onde em cima representa o útero em si e em verde a vagina e o canal vaginal, (b) Vista exterior do modelo final gerado, Figura das autoras

3. CONCLUSÃO

Os softwares como InVesalius e 3DSlicer, que são utilizados para reconstrução tridimensional de estruturas anatômicas, tendo como base um conjunto de imagens médicas bidimensionais, que são obtidas através de exames, como Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética, são excelentes ferramentas para auxiliar e facilitar o processo de prototipagem de partes do corpo humano. Porém, como apresentado nas seções anteriores, dependendo das condições da imagem, podem ser necessários alguns ajustes nos modelos gerados por esses softwares.

O MeshMixer é uma excelente alternativa de manipulação e auxílio nesses determinados problemas que possam surgir nos modelos geométricos, devido ao fato de possuir uma interface bastante intuitiva, e conter ferramentas muito eficientes.

Portanto, é possível concluir que o objetivo do estudo foi alcançado, visto que ambos os modelos apresentados possuíam artefatos para serem corrigidos, e ao final, os mesmos foram ajustados e alcançaram resultados muito satisfatórios.

4. REFERÊNCIAS

- AMORIM, P. H.; DE MORAES, T. F.; AZEVEDO, F.D.S.; DA SILVA, J. V. InVesalius: Software livre de imagens médicas. **Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer-CTI, Campinas/SP-2011-CSBC2011**, 2011.
- FEDOROV, A. et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. **Magnetic resonance imaging**, v. 30, n. 9, p. 1323-1341, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0730725X12001816>>. Acesso em: 10 fev. 2022. doi: 10.1016/j.mri.2012.05.001.
- LIRA, V. M. Processos de Fabricação por Impressão 3D: Tecnologia, equipamentos, estudo de caso e projeto de impressora 3D. **Geração de arquivos de dados do modelo em 3D**. Brasil: Editora Edgard Blucher Ltda, 2021. cap. 4, p. 35-43.
- MATOZINHOS, I. P.; MADUREIRA, A. A. C.; SILVA, G. F.; MADEIRA, G. C. C.; OLIVEIRA, I. F. A.; CORRÊA, C. R. Impressão 3d: inovações no campo da medicina. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017.
- MAZZOLA, A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 117-129, 2009.
- VOLPATO, N. Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. **Aplicações da AM na área da saúde**. Brasil: Editora Edgard Blucher Ltda, 2017. cap. 14, p. 346-395.
- QUEIROZ, P. J. et al. Microtomografia computadorizada: princípios de funcionamento e utilização em amostras biológicas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/253/238>>. Acesso em: 05 fev. 2022. doi: 10.18677/EnciBio_2019A90.



enebi 2022

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Juiz de Fora e a agência de fomento CAPES pela concessão de bolsas que proporcionaram o desenvolvimento desse trabalho.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.