

Um processo de digitalização 3D e remapeamento de textura para extração de métricas faciais

Luiz R. M. Silva¹, Damares S. Cavalcante¹, Adonis Born²,
Mário Hozano¹, Tácito T. A. T. Neves¹

¹Núcleo de Ciências Exatas (NCEX) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Av. Manoel Severino Barbosa – Bom Sucesso – Arapiraca – AL – Brasil

²Clínica Oftalmo Presente

Rua Dr. Pedro Correia, 433 – Centro – Arapiraca – AL – Brasil

{luizrodrigomarques, damaresscavalcante, adonisborn, hozano}@gmail.com
tacito.neves@arapiraca.ufal.br

Resumo. A computação gráfica apresentou um grande crescimento nas últimas décadas, processando desde imagens bidimensionais à modelos geométricos tridimensionais de alta complexidade. A automação de processos ganha relevância quando nos deparamos com a necessidade de disponibilidade das imagens digitais. Nesse sentido, uma área de emergente aplicação é a oftalmológica, onde a utilização de processos 3D para obter o modelo do rosto, extração de métricas faciais e encaixe de armação, apresentam-se como necessidades não triviais de automação. Este artigo propõe um processo de aquisição de modelos faciais 3D e extração de métricas faciais, para a fabricação de armação de óculos, utilizando fotogrametria, mapeamento de textura UV e um modelo de rede neural previamente treinado. Os resultados gerados apontam um modelo facial 3D com riqueza de detalhes, que através dos pontos faciais obtidos evidencia a aplicação da extração de métricas faciais importantes para a fabricação de óculos.

Abstract. Graphic computing has shown great growth in the last few decades, processing from two-dimensional images to high-complexity three-dimensional geometric models. Process automation gains relevance when we are faced with the need for the availability of digital images. In this sense, an emerging area of application is ophthalmology, where the use of 3D processes, for the generation of face models, frame fitting, and extraction of facial metrics, present if as non-trivial automation needs. This article proposes a process for the acquisition of 3D facial models and the extraction of facial metrics, for making glasses frames, using photogrammetry, UV texture mapping, and a previously trained neural network model. The results generated point to a 3D facial model with rich details, which, through the facial points obtained, evidences the application of the extraction of important facial metrics for the manufacture of glasses.

1. Introdução

A computação gráfica apresentou um grande crescimento nas últimas décadas, processando desde imagens bidimensionais à modelos geométricos tridimensionais de alta complexidade, com aplicações estendidas em diversos contextos, tais como produção cinematográfica, jogos, simulações e na medicina.

Em áreas relacionadas ao processamento de imagens e computação gráfica, a automação de processos ganha relevância quando se tem a necessidade de produzir e manter atualizados produtos cartográficos, quando da aquisição de imagens aéreas. Com a utilização de técnicas de aquisição, como a fotogrametria, advém outras necessidades, como mecanismos para garantia de disponibilidade de imagens digitais para realização dos processos fotogramétricos [Galo and Tozzi 1997].

Uma área que pode ser beneficiada por meio da aplicação de técnicas de automação é a oftalmologia, que necessita da extração de métricas faciais para a fabricação dos óculos. Essas métricas geralmente são extraídas manualmente diretamente no rosto do paciente. A viabilização da automação nesse processo se dá pelo modelo tridimensional(3D) obtido através da fotogrametria, que se apresenta como a ciência de obter informações confiáveis sobre objetos no mundo real através de processos de captura, medição e interpretação de imagens fotográficas.

Todos os procedimentos deste trabalho foi realizado com o Blender¹, um software de código aberto, que além de permitir a edição do modelo, disponibiliza também um ambiente de *scripting* para programação na linguagem *python*. Nesse ambiente é possível criar algoritmos para manipulação do modelo 3D e sua textura, afim de realizar a extração de métricas.

O presente trabalho propõe uma forma automatizada e não-invasiva para realizar a extração de métricas faciais, através da aplicação da fotogrametria, da textura com mapeamento UV e de um modelo de rede neural previamente treinado.

O restante deste artigo é organizado da seguinte forma: na seção dois encontra-se a fundamentação teórica, na seção três os materiais e métodos utilizados, na seção quatro são descritas a solução proposta e os resultados obtidos, e por último as conclusões do trabalho atual.

2. Referencial Teórico

Nessa seção é apresentado os conceitos básicos para o entendimento do trabalho: Fotogrametria, Mapeamento UV e Distância naso-pupilar.

2.1. Fotogrametria

A fotogrametria é a ciência de fazer medições utilizando fotografias, permitindo a reconstrução de um objeto e análise de suas características sem contato físico com o objeto. O processo fotogramétrico utiliza uma sequência de imagens obtidas sistematicamente de uma área de interesse para reconstrução tridimensional de sua posição, orientação, forma e tamanho [Kraus 2011]. Sua aplicação se estende à soluções de sensoriamento remoto, paleontologia, saúde etc.

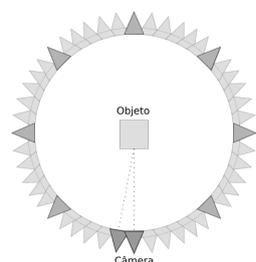
O processo de aquisição das imagens para a execução da fotogrametria é apresentado por [Lima et al. 2018], onde é feito um estudo comparativo para a obtenção dessas imagens em diferentes condições de iluminação, concluindo que a qualidade do resultado também é dependente da iluminação do ambiente. Na *Figura 1* é ilustrado o deslocamento da câmera para a captura do objeto, onde deve-se compreender toda a região de

¹<https://www.blender.org/about/>

interesse, na figura ainda é evidenciado um ponto do objeto que é capturado por mais de uma fotografia, esse passo é fundamental para a recuperação dos pontos no espaço 3D.

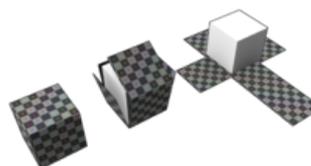
Em [Matos Souza et al. 2018] o processo de fotogrametria é utilizado para o planejamento visual em cirurgias ortognáticas, no qual possibilita a integração da face adquirida através desse processo juntamente com um modelo de crânio (processado previamente), no qual permite o deslocamento da mandíbula para estimar resultados de cirurgias. Em [Menezes and Sforza 2010] é apresentada a morfometria facial, que é a representação facial através de triangulação a partir de pontos anatômicos, que podem ser usados para calcular as distâncias, obtendo assim a mensuração facial relacionadas a esses pontos. Outra forma de mensurar é usar algoritmos para a detecção da região de interesse no modelo.

Figura 1. Marcação dos pontos faciais



fonte: Autores (2021).

Figura 2. Cubo com textura UV map



fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/UV_mapping.

2.2. Textura de mapeamento UV

UV são coordenadas bidimensionais (2D) compreendidas dentro de uma imagem e correspondem aos vértices de um objeto, e são importantes porque fornecem uma forma de relação entre eles. O mapeamento UV é um processo de modelagem 3D que projeta uma imagem 2D na superfície de um objeto 3D, afim de definir uma textura ao objeto. E representa um princípio básico para a criação de textura. Um exemplo com o resultado de um mapeamento UV mostrado na *Figura 2*.

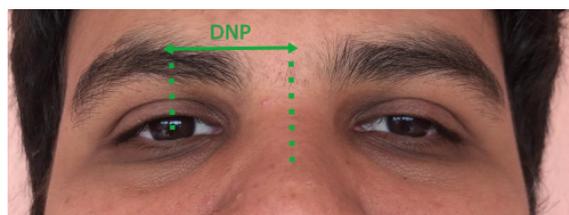
2.3. Distância naso-pupilar (DNP)

Em [Kara-Junior et al. 2020] é apresentado vários cuidados que oftalmologistas devem considerar ao realizar uma prescrição de lentes corretivas para que não ocasione na insatisfação do paciente. Entre elas, é ressaltada a importância da distância naso-pupilar (DNP). A DNP é a distância que existe entre o centro da pupila e o eixo de simetria da face (ponto central do nariz), como mostrado na *Figura 3*. Essa distância permite que o centro óptico das lentes sejam alinhadas com o eixo de visão dos olhos. Normalmente, essas medidas são realizadas com o auxílio de uma regra milimetrada ou de um pupilômetro.

Neste trabalho, as distâncias serão calculadas utilizando a *distância Euclidiana*. Onde a distância entre dois pontos $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ e $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$, num espaço euclidiano é dada por:

$$d = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2}. \quad (1)$$

Figura 3. Distância naso-pupilar



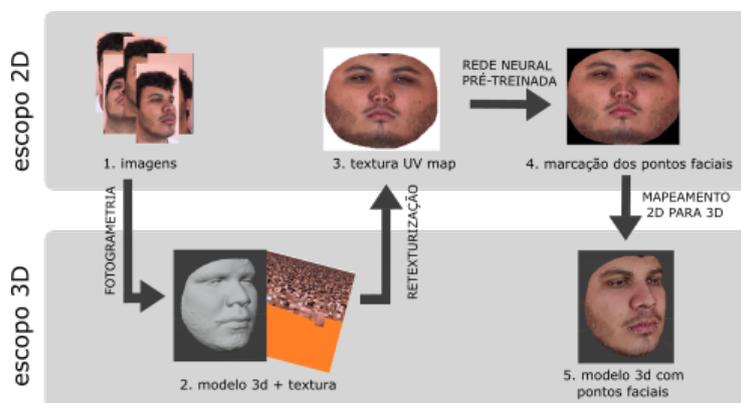
fonte: Autores (2021).

3. Materiais e Métodos

O método proposto reduz para o plano 2D a tarefa de encontrar pontos faciais em um modelo 3D. Foram utilizados o processo de fotogrametria para aquisição do modelo facial 3D; a texturização UV para remapear a textura; um modelo de rede neural pré-treinado que realiza a marcação dos 68 pontos faciais na textura e, por fim, é calculado a qual polígono pertence cada um dos 68 pontos. Um diagrama de fluxo é mostrado na Figura 4.

Todo o processo foi unificado no Blender através da área de scripting da ferramenta, visando manter o método de forma automatizada e acessível.

Figura 4. Fluxo do processamento



fonte: Autores (2021).

3.1. Fotogrametria

Para o processo de fotogrametria é de fundamental importância que as fotografias tenham boa qualidade, como evidenciado em [Lima et al. 2018]. Para essa aquisição, levando em consideração a acessibilidade, foi utilizado a câmera de um smartphone ao invés de um scanner 3D. É importante que as imagens estejam em um diretório exclusivo para que não comprometa o desempenho do algoritmo da ferramenta. Em posse das fotografias usaremos o OrtogOnBlender² um add-on que disponibiliza uma ferramenta para efetuar o processo de fotogrametria.

Para conseguir o registro de imagens, é necessário que o indivíduo fique imóvel durante o período das tomadas das fotografias, para que não se perca a referência posicional da área de interesse.

²http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/OrtogOnBlender

3.2. Textura de Mapeamento UV

O modelo gerado pela fotogrametria é acompanhado de sua textura, que possui característica compactada, não possuindo uma sequência visual lógica, como mostrado na *Figura 6(a)*. O método de mapeamento UV, que possibilita a transferência das cores dos polígonos do objeto 3D para uma imagem 2D, permite que a textura seja remapeada, fornecendo uma sequência visual mais amigável. Esse mapeamento se dá através da execução de *bake*, no Blender. O resultado é mostrado na *Figura 6(b)*.

Figura 5. Texturas



(a) Textura original

(b) Textura resultante (UV map)

fonte: Autores (2021).

3.3. Detecção dos pontos faciais

A tarefa de encontrar os pontos faciais é uma implementação do que foi apresentado em [Kazemi and Sullivan 2014], disponível através da toolkit `dlib`³. Onde o treinamento da rede neural se dá através de uma árvore de regressão.

A textura de mapeamento UV é passada como entrada para o modelo da rede neural previamente treinada para realizar a marcação dos 68 pontos faciais. O resultado é apresentado na *Figura 6*.

4. Resultados

Uma vez obtido o modelo do rosto e as marcações faciais na textura, é identificado a qual face do objeto pertence aquela coordenada de textura (que indica o ponto facial), quando encontrada, é adicionado uma esfera na respectiva face do objeto, na *Figura 7* também é mostrado o resultado desse processo. É possível obter algumas métricas, como distância naso-pupilar esquerda (DNPe), distância naso-pupilar direita (DNPd) e largura do rosto. Na *Figura 7* é ilustrada a relação entre os pontos evidenciados para a execução dos cálculos necessários para obter as medidas de DNPe e DNPd. A partir desses pontos, são criados segmentos de retas (transversais). A identificação do ponto de intersecção entre os segmentos \overline{AC} e \overline{BD} é utilizado para encontrar as coordenadas que referenciam a pupila do olho esquerdo, analogamente, os segmentos \overline{EG} e \overline{FH} são utilizados para a pupila do olho direito. O segmento \overline{IJ} , é utilizado para identificar o ponto médio nasal. Sendo

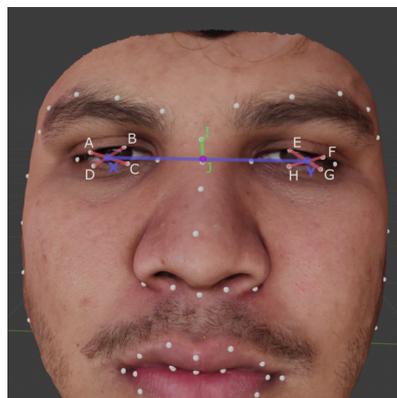
³<http://dlib.net/>

Figura 6. Marcação dos pontos faciais



fonte: Autores (2021).

Figura 7. Segmentos de retas para a extração de métricas



fonte: Autores (2021).

conhecido esses pontos, para encontrar o ponto médio nasal, é criado o segmento \overline{XY} a partir dos pontos que referenciam as pupilas, e então é calculado o ponto de intersecção entre os segmentos \overline{XY} e \overline{IJ} . A DNPe é dado pela distância entre a pupila esquerda e o ponto médio nasal, através da *equação 1* (distância euclidiana).

5. Conclusões

Neste trabalho, foi apresentada uma abordagem para a detecção de pontos faciais em um modelo facial 3D obtido através da fotogrametria, utilizando um remapeamento da textura e um modelo pré treinado de rede neural. A partir dos pontos faciais, é possível extrair métricas que são úteis em clínicas oftalmológicas, pois apresenta uma forma não-invasiva de adquirir as medidas de DNP do paciente que são fundamentais para a fabricação de armações.

Como trabalho futuro, pretende-se realizar as extrações das métricas faciais, assim como o posicionamento de uma armação de óculos no modelo facial 3D, utilizando como referência os pontos faciais que foram obtidos.

Referências

- Galo, M. and Tozzi, C. (1997). A fotogrametria digital e a automação dos processos fotogramétricos.
- Kara-Junior, N., Safady, M., and José, N. (2020). Dissatisfaction with glasses. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, 79(6):416–419.
- Kazemi, V. and Sullivan, J. (2014). One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 1867–1874.
- Kraus, K. (2011). *Photogrammetry: geometry from images and laser scans*. Walter de Gruyter.
- Lima, G. S., Barbosa, M. D., da Rosa, E. L. S., da Costa Moraes, C. A., Souza, G. A., and de Freitas, P. H. L. (2018). Estudo comparativo da obtenção de fotos para a fotogrametria no planejamento de cirurgias ortognáticas.

Matos Souza, M., Antônio Nogueira Mota, E., Moraes, C., Rosa, E., Souza, G., and Luiz de Freitas, P. (2018). Ortoconblender: a utilização de software livre para o planejamento virtual de cirurgias ortognáticas.

Menezes, M. d. and Sforza, C. (2010). Morfometria tridimensional (3d) da face. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 15(1):13–15.