

Reconstrução de Superfícies 3D em Rostos Humanos: uma abordagem Laplaciana

João Pedro Viguini Tolentino Taufner Correa

João do Espírito Santo Batista Neto

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC-USP)

Universidade de São Paulo

viguinijpv@usp.br

Objetivos

A reconstrução de malhas tridimensionais a partir de um conjunto limitado de pontos é o foco central deste estudo. O projeto visa reconstruir a geometria de um rosto humano — incluindo detalhes como nariz, boca e olhos — a partir de uma representação simplificada (semelhante a uma caricatura) que utiliza curvas básicas para definir a face. Essas curvas representam o que chamamos de "características robustas", um conceito introduzido por Ian Porteus (1994), referindo-se a características que se mantêm quando a superfície se deforma (IZUMIYA et al., 2015). A pesquisa propõe extrair essas características de uma malha tridimensional de um rosto humano e utilizá-las, por meio do operador Laplaciano, para reconstruir a superfície original em 3D (SORKINE, 2006). Este estudo é guiado por diversas questões fundamentais: Os rostos humanos possuem um conjunto universal de características robustas? É viável identificar e diferenciar faces utilizando exclusivamente essas características? E, por último, seria factível reconstruir um rosto humano inteiro contando apenas com dados sobre suas características robustas? Estas questões serão exploradas para avaliar a aplicabilidade e os limites da metodologia proposta.

Métodos e Procedimentos

O projeto faz uso do framework MediaPipe para a detecção e análise de uma nuvem de 468 pontos 3D de um rosto humano. Seguindo a metodologia desenvolvida por Danilo Marques, o projeto faz uso da extração de características robustas, incluindo curvas parabólicas e *ridges* (BRUCE; GIBLIN; TARI, 1996). Para isso, são implementadas rotinas específicas para processar e obter esses pontos com precisão, permitindo uma análise detalhada da estrutura facial.

As etapas envolvidas incluem a implementação das rotinas do MediaPipe para extrair a nuvem de pontos 3D do rosto, seguida pela identificação e extração das curvas parabólicas e *ridges*. Em seguida, o operador Laplace-Beltrami é utilizado para a reconstrução das superfícies com base nesses pontos importantes. A avaliação das superfícies reconstruídas é realizada para garantir a precisão e a qualidade dos resultados. A implementação está sendo desenvolvida em uma plataforma Linux, utilizando MATLAB para a maior parte do processamento, bem como Python para a aplicação da rotina de reconstrução.

Resultados

Os testes foram realizados variando a quantidade de pontos âncora selecionados (20%, 50% e 100%), bem como o tipo de curva utilizada para a reconstrução (parabólicas ou *ridges*). A qualidade da reconstrução foi avaliada qualitativamente levando em conta a fidelidade da malha reconstruída em relação à malha original, e quantitativamente, considerando o erro (Distância Euclidiana) entre a malha original e a malha reconstruída.

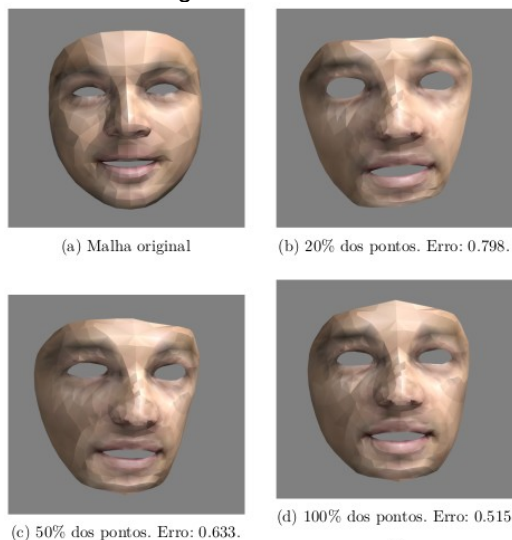


Figura 1: Reconstrução com curvas parabólicas.

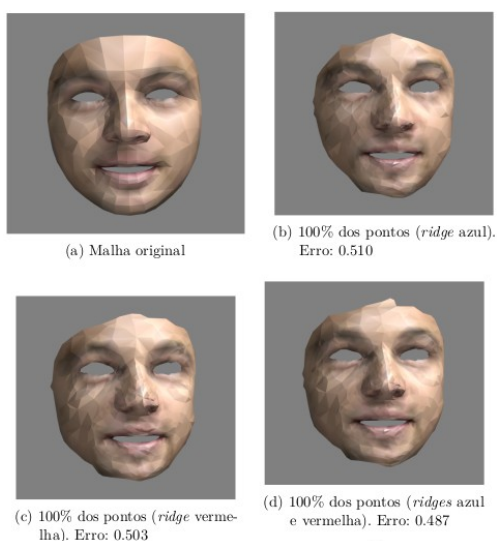


Figura 2: Reconstrução com *ridges*.

Conclusões

Os resultados mostram que a abordagem adotada tem potencial para reconstruir com precisão superfícies 3D de rostos humanos dependendo da porcentagem de pontos selecionada. Isso é evidenciado pela semelhança entre a malha original e a malha reconstruída, principalmente conforme a porcentagem de pontos âncora utilizados aumenta. Além disso, é possível observar que a reconstrução com *ridges* se mostra mais precisa, visto que a quantidade de pontos é maior em comparação com as curvas parabólicas.

Agradecimentos

O projeto é financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), nº 2023/15751-3 e também é parte do projeto temático FAPESP de nº 2019/07316-0.

Referências

BRUCE, J. W.; GIBLIN, P. J.; TARI, F. Ridges, crests and sub-parabolic lines of evolving surfaces. International Journal of Computer Vision, 1996

IZUMIYA, S. et al. Differential Geometry From A Singularity Theory Viewpoint. Singapura:World Scientific, 2015. 139 p.

PORTEOUS, I. R. Geometric differentiation for the intelligence of curves and surfaces. [S.l.]: Cambridge University Press, 1994. ISBN 052139063X.

SORKINE, O. Differential representations for mesh processing. Computer Graphics Forum, European Association for Computer Graphics, v. 25, n. 4, p. 789–807, 2006.