

IMPRESSÃO 3D EM GESSO DE FACES HUMANAS

F. D. A. Pereira, M. F. Oliveira, P. Inforçatti, I. A. Maia, J. V. L. Silva
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
Rod. D. Pedro I (SP65), Km 143,6 – CEP. 13069-901- Campinas-SP
frederico.pereira@cti.gov.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é avaliar qualitativamente a fidelidade na reprodução de faces humanas reais em modelos físicos com escala 1:1, impressos em gesso, utilizando impressão 3D colorida. Os modelos digitais 3D foram obtidos com escaneamento 3D da face de dois voluntários com diferentes cores de pele, utilizando um scanner ótico monocromático a laser. Softwares foram utilizados para correções das nuvens de pontos, inserção de cor, definição da espessura dos modelos faciais e exportação para o formato da impressora 3D colorida. A avaliação qualitativa, feita, simplesmente, coletando a opinião das pessoas sobre a semelhança entre as faces impressas com as dos voluntários, revelou 100% de reconhecimento a despeito do fato de que a reprodução de cores, nos modelos com e sem infiltração de cianocrilato, não tenha sido muito fiel aos dos voluntários

Palavras-chave: Impressão 3D, prototipagem rápida, gesso, 3D Printer

ABSTRACT

The goal of the present work is qualitatively evaluate the fidelity of physical models of real human faces printed in 1:1 scale, in gypsum, utilizing a colored 3D printer. The digital models were obtained by a monochromatic laser 3D scanning of two volunteers whose faces have different colors. Softwares were utilized for data correction of the points clouds, color insertion, thickness definition of the models and, finally for exportation to the color printer format. The qualitatively evaluation, performed by simply collecting peoples opinion about the printed model fidelity,

revealed 100% immediately recognition in despite of the fact that the colors of both models, with and without cyanocrilate infiltration, do not resembles the volunteers faces colors.

INTRODUÇÃO

Impressão 3D

A impressão 3D é uma expressão que define uma série de tecnologias de construção de peças, fatia-a-fatia, [1]. Uma característica distintiva do processo de construção fatia-a-fatia é que podem ser construídas peças de alta complexidade, não possíveis de serem construídas por qualquer outro método de fabricação. Outra característica importante é que essas peças complexas podem ser construídas rapidamente daí a origem de outros nomes para a mesma tecnologia enfatizando o fator rapidez que são prototipagem rápida, ferramental rápido e manufatura rápida.

A impressão 3D é, também, conhecida como “additive fabrication”, “solid free form fabrication”, and “layer by layer fabrication”. No entender dos autores, a expressão “fabricação fatia-a fatia” é a melhor definição para a série de tecnologias em questão, pois exprime de forma mais clara a natureza do processo de fabricação, evitando controvérsias relativas às demais tecnologias de fabricação existentes e há mais tempo estabelecidas. Quando as peças utilizadas têm como aplicação a visualização, sem demandas mecânicas- como no presente caso – elas são mais bem definidas como protótipos visuais [2].

Na impressão 3D, um desenho digital, como é o caso de um modelo CAD, é transformado num arquivo STL (Stereolithography – aproximação da superfície da peça usando malha de triângulos). Esse desenho é fatiado pelo software proprietário que vem instalado na impressora 3D pelo seu fabricante e, em seguida, estas fatias são reproduzidas fisicamente por um agente físico-químico, controlado por computador, em um material que pode estar na forma de pó, folha, líquido, pasta e fio, conforme a tecnologia de impressão 3D empregada a qual vai, também, determinar o tipo de suporte que sustenta a peça. O suporte pode ser feito com o mesmo material com que a peça vai ser construída ou com um material diferente e é estruturado pelo mesmo processo físico-químico de construção da peça. A medida que uma fatia física vai sendo construída ela vai sendo empilhada, alinhada e aderida simultaneamente à anterior até que a peça fique completa. Ao final do

processo, a peça é liberada do suporte e, dependendo da tecnologia, é submetida ou não a um pós-processo de reforço mecânico. A sequência de etapas envolvidas na impressão 3D está mostrada no diagrama da figura 1. Neste diagrama estão mostradas as etapas realizadas dentro da impressora e aquelas realizadas pelas pessoas responsáveis pelo modelamento digital e operação da impressora e pós-processo.



Figura 1. Sequência de etapas comuns das tecnologias de impressão 3D. Os efeitos da disposição das peças no leito de construção são mostrados no quadrado menor (etapa 3) enquanto que as etapas (4 a 6) que ocorrem dentro da impressora são mostrados no quadrado maior. As etapas fora dos quadrados são executadas pelo designer do modelo (etapas 1 e 2) e pelo operador da impressora (etapas 7 a 9).

Tecnologia 3D Printer

A tecnologia de impressão 3D, empregada no presente trabalho, é baseada numa cabeça impressora jato de tinta, do mesmo tipo que a utilizada nas impressoras de papel convencional e que são vendidas em papelarias. A tinta, que é

à base de água, aglutina as partículas de gesso que estão dispostas na forma de camadas de pó, delineando e aderindo as fatias do modelo uma sobre as outras. A cada fatia delineada pela cabeça impressora sobre a camada de pó depositada, a plataforma abaixa numa distância equivalente à espessura da camada de pó para dar espaço à camada seguinte.(figura 2). Terminada a impressão de todas as camadas, o pó que envolve o modelo é removido para facilitar a liberação do modelo que é, então, submetido às etapas de pós-processo que consistem em limpeza, aquecimento e infiltração com resina para conferir rigidez mecânica ao modelo.

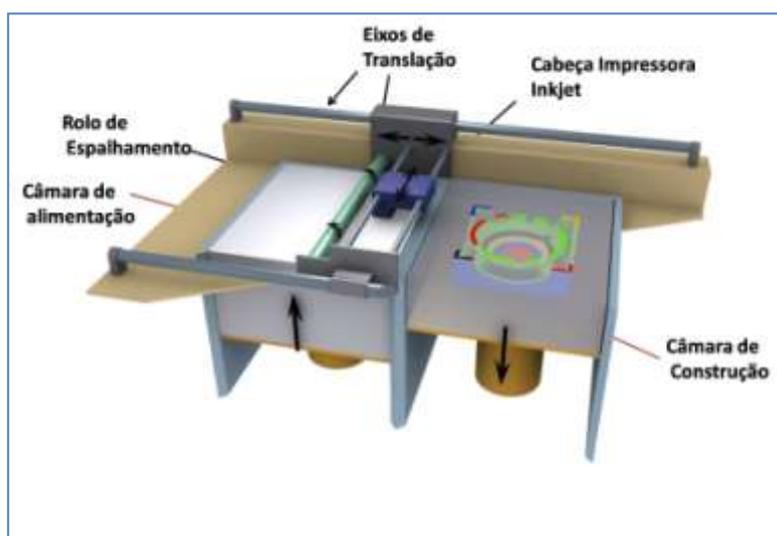


Figura 2. Esquema da impressora 3D baseada em definição de fatia por jateamento de líquido aglutinante sobre camada de pó de gesso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado um escaner 3D modelo EXAscan da Creaform™ para obter a geometria da face dos voluntários. Este equipamento tem resolução máxima de 0.05 mm, porém, para este experimento, foi utilizada a resolução de 1 mm pois o escaneamento é mais rápido e, em decorrência, evita falhas devido à movimentação do voluntário. Para o tamanho das faces (escala 1:1), a resolução menor que 1 mm não leva a ganhos significativos na definição das diferentes regiões da face. Nesta etapa o voluntário (figura 3c) precisa manter-se imóvel em relação às marcações de referência espacial (figura 3d) enquanto o scanner (figura 3b) varre a região de interesse e o software no computador (figura 3a) armazena e gera uma nuvem de pontos.

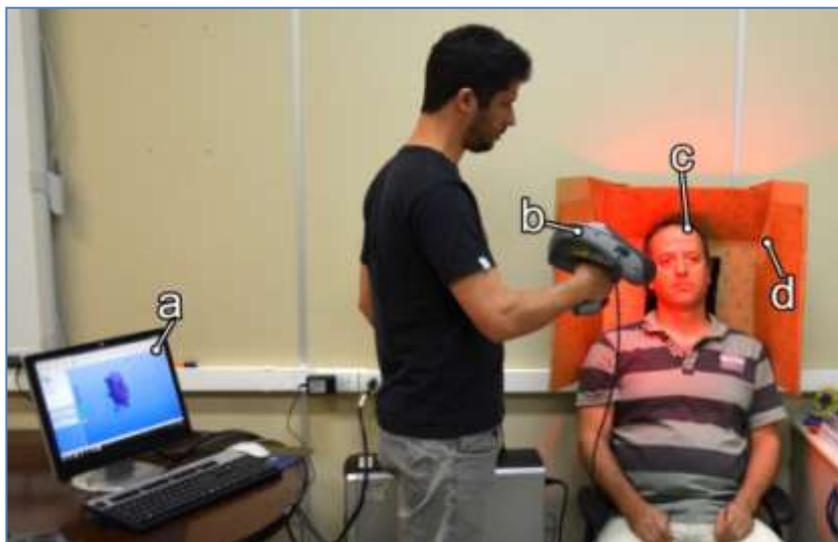


Figura 3. a) Software para aquisição; b) Scanner 3D; c) Voluntário; d) Marcações de referência.

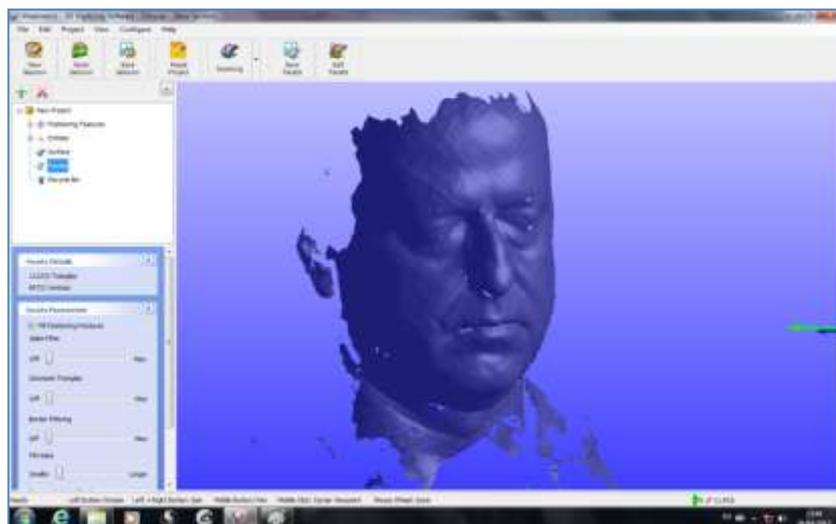


Figura 4. Resultado do escaneamento sem tratamento

O resultado obtido a partir do escaneamento (figura 4) foi satisfatório em termos da boa qualidade das nuvens de pontos geradas. Esta qualidade é aferida pela malha de triângulos gerada que não exigiu grande trabalho de correção

originada no processo de digitalização para remover artefatos e suavizar a superfície preparando para a impressão

O software livre MeshLab foi utilizado para processar e editar malhas de triângulo tridimensionais não estruturadas proveniente do escaneamento. Dentro deste software foi utilizada uma ferramenta de filtro, chamada *Surface Reconstruction Poisson*, para obter uma malha mais limpa e completa, suavizando a superfície e eliminando buracos na malha. Esses buracos são pontos onde o scanner não obteve êxito em sua captura, devido às áreas de sombra ou reflexo. O filtro mostrou bom desempenho como mostrado pela evidente suavização comparação das figuras 5b com as figuras 5a.

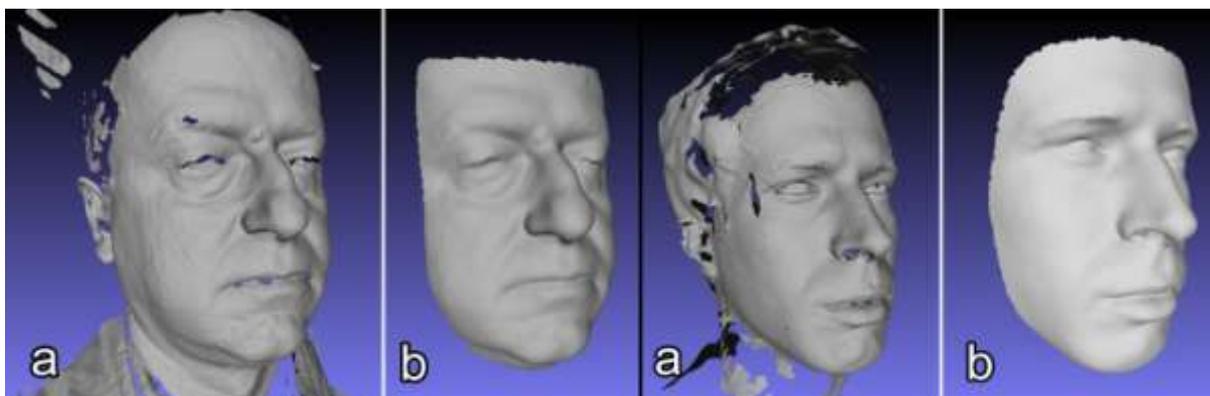


Figura 5 – Imagem renderizada (a) antes e (b) após o tratamento com o filtro *surface reconstruction poisson* do software livre MeshLab.

Após o tratamento do escaneamento, foram tiradas 3 fotos de cada voluntário, uma de frente e outras duas em um ângulo aproximado de 45 graus a fim de combiná-las em software livre de edição de imagens (GIMP) para gerar o mapa de cor (figura 6) a ser aplicado no modelo 3D.



Figura 6. Fotos de frente e laterais para o mapa de cor do modelo 3D, seguida de combinação em ângulo de 45°.

O arquivo 3D foi exportado do software MeshLab no formato .obj para o software 3D Studio Max 2009 da Autodesk. Dentro dele, foi gerada uma espessura na malha tridimensional (figura 7) com o modificador *Shell* a fim de gerar um volume que possa ser impresso.

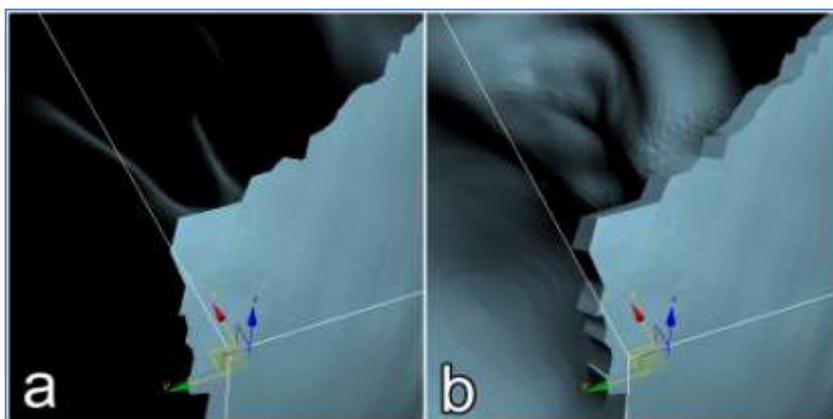


Figura 7. Malha sem espessura (a) e com espessura (b) conferida pelo modificador *Shell* do software 3D studio Max 2009 da Autodesk.

O mapa de cor, proveniente da edição das fotos, foi aplicado ao modelo 3D com o modificador *UVW Mapping* com projeção planar (figura 8). Em seguida, o formato obj. foi exportado no formato VRML (ao invés do .STL) que é o formato utilizado pela impressora 3D colorida disponível no nosso laboratório.

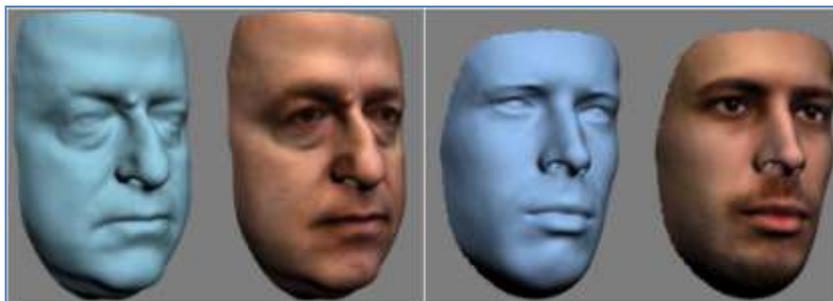


Figura 8 - Modelo 3D antes e depois do mapa de cor aplicado com o modificador UVW Mapping com projeção planar.

Para a impressão 3D colorida dos modelos, foram utilizados a impressora 3D Printer modelo Z510 (figura 9a), material ZP150 (gesso) com o binder ZB 60 (aglutinante), todos fornecidos pela Z Corp. O software embarcado na impressora recebe arquivos VRML (ao invés do STL), que são virtualmente fatiados em camadas de 0.1 mm de espessura e enviados a máquina. O perfil desta camada é impresso em uma fina camada de gesso em pó (figura 9b) através da deposição de uma resina que aglomera as partículas de pó, definindo a fatia. Este processo é repetido até que a peça seja concluída.



Figura 9 - Impressora 3D modelo Z 510 da Z Corporation. A figura b mostra uma das camadas da região do nariz sendo impressa.

Ao final da impressão, é removido todo o pó de gesso que não foi aglutinado pela resina e então removido as faces impressas do leito de construção da máquina (figura 10). Pelo fato do gesso ser muito frágil, esta remoção deve ser feita com cuidado para não danificá-las.



Figura 10 - Peças sendo retiradas do leito de construção

O pó ainda aderido nas faces impressas foi removido com um leve jato de microesferas de vidro, lixamento e jatos de ar. Após a limpeza, as faces impressas foram infiltradas com resina de cianoacrilato, por imersão (figura 11a) num recipiente contendo a resina e com jato de ar. Removeu-se o excesso da resina (figura 11c), para evitar que as faces impressas ficassem com brilho excessivo (figura 11b). Após alguns minutos, elas puderam ser manuseadas de forma mais livre uma vez que o cianoacrilato infiltrado confere rigidez mecânica..

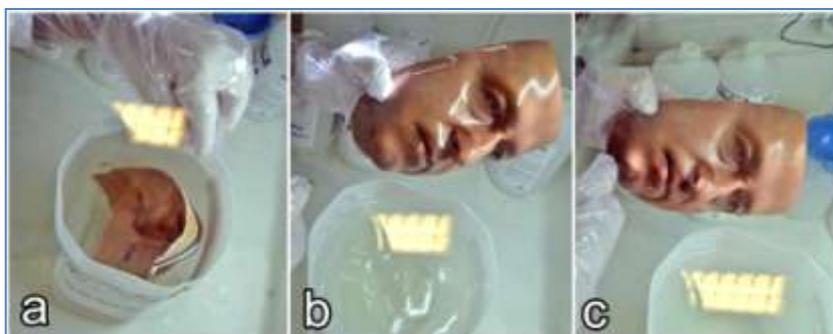


Figura 11 - Aplicação de cianoacrilato

RESULTADO E DISCUSSÕES

Contraste do Cianoacrilato

O processo de infiltração com cianoacrilato escureceu ambas as faces impressas. Para o voluntário de cor mais clara o escurecimento causa um maior distanciamento da face real. Para evitar que este escurecimento mude significativamente a cor das faces impressas em relação às faces reais é necessário fazer um estudo mais elaborado sobre as causas do escurecimento.



Figura 12 - Antes e depois da aplicação do cianoacrilato

Semelhança: Segundo enquete realizada com os colegas de trabalho, é grande a semelhança entre as faces impressas e as dos respectivos voluntários (figuras 13 e 14).



Figura 13 – Faces impressas e infiltradas com cianocrilato com os respectivos voluntários.



Figura 14. Visão lateral das faces reais (a esquerda) e das respectivas faces impressas.

Dimensional: Uma boa fidelidade dimensional foi observada simplesmente acoplado-se as faces impressas às faces dos voluntários.

O presente trabalho demonstrou que a impressão 3D colorida feita sobre gesso é um registro fidedigno de geometria da face mas, por enquanto, não supera o registro de cor que é feito por fotografia. Mas há ainda muitos recursos para serem explorados para melhoria de cor. A combinação de cor, geometria e fidelidade dimensional fazem da impressão 3D colorida uma tecnologia inédita na reprodução da face humana. Aplicações na medicina plástica, reconstrutiva e medicina legal estão sendo consideradas. A oferta de tecnologias 3D mais acessíveis ao cidadão comum está aumentando e, assim, mais aplicações poderão surgir ao longo do tempo.

CONCLUSÃO

É possível com tecnologias 3D disponíveis atualmente reproduzir a face humana com alto nível de detalhes tanto geométricos, dimensionais e associados a cor.

REFERÊNCIAS

- 1.Volpato N.** Prototipagem Rápida – Tecnologias e Aplicações, Blücher, 2007, 1ed., ISBN 85-212-0388-8, São Paulo, 244 pag.
- 2.Oliveira, M. F.,** Aplicações de Prototipagem Rápida em Projetos de Pesquisa. Campinas, 2008, 130p. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas.