

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

Comparação entre os sensores de profundidade Asus Xtion Pro™ e Structure™

Comparison between Asus Xtion Pro™ and Structure™ depth sensors

Eduardo Rodrigues de Oliveira
eduardooliveira.2016@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Lucia Regina
luciaregina@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

José Aguiomar Foggatto
foggatto@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

RESUMO

As soluções consolidadas no mercado para digitalização de imagem tridimensional são custosas e normalmente visam empresas e aplicações industriais; aqui serão analisadas as soluções do mercado emergente, visando baixo custo. Elas foram desenvolvidas nos últimos anos, e permitiram que um grupo bem maior de pessoas tivesse acesso a esta tecnologia. Utilizando dois sensores de profundidade, conectados em um computador de mesa, e um deles (Structure™) também no iPad™ 2, foram verificadas suas propriedades, visando o uso destas digitalizações para aplicações paramétricas. Finalmente, apresenta-se um comparativo de precisão e exatidão neste tipo de arquivos, analisando as dimensões capturadas pelos sensores em um objeto de dimensões conhecidas. Observou-se que embora exijam pós-processamento (devido a defeitos de malha causados pela própria digitalização), estes sensores funcionam muito bem para usos com precisão milimétrica, e devido a sua portabilidade e simplicidade, conquistam uma faixa do mercado em busca de soluções de menor complexidade.

PALAVRAS-CHAVE: Asus Xtion Pro. Occipital Structure. Sensor de profundidade. Digitalização 3D. Comparação de malha 3D.

ABSTRACT

ABSTRACT: The solutions consolidated in the market for image digitalization are costly and usually target companies and industrial applications; here we will analyze the solutions of the emerging market, seeking low cost. They have been developed in recent years, and have allowed a much larger group of people to have access to this technology. Using two depth sensors, connected on a desktop computer, and one of them (Structure™) also on the iPad™ 2, their properties were verified for the use of scans for parametric applications. Mesh quality parameters were analyzed, comparing errors, holes, layer overlays and density of points by scanning in non-parametric files. Finally, a comparison of precision and accuracy in parametric files is presented, analyzing the dimensions captured by the sensors in an object of known dimensions. It has been observed that although they require post-processing (because of mesh defects caused by scanning itself), these sensors work very well for millimeter-sized uses, and because of their portability and simplicity, they gain a market share of those looking for less complex solutions.

KEYWORDS: Asus Xtion Pro. Occipital Structure. Depth sensor. 3D scanning. 3D mesh comparison.

Recebido: 31 ago. 2018.

Aprovado: 15 set. 2018

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A digitalização 3D vem se tornando uma tecnologia de grande importância no mercado, em diversas áreas, que vão desde aplicações de engenharia de alta precisão (em milímetros), até a varredura de grandes porções de área, com menor precisão (em metros). Essa tecnologia tem três vertentes principais, cada uma com suas respectivas vantagens e desvantagens.

González-Jorge (2013) define, em seu estudo sobre digitalização, que os sensores são divididos em sensores de triangulação, tipicamente usados para pequenas distâncias e grande precisão (na fração de milímetros), sensores de profundidade, para distâncias e precisões intermediárias (1 a 3 milímetros), e os sensores *time of flight* (tempo de voo, em tradução literal), para longas distâncias e baixa precisão (centímetros).

Os sensores de profundidade vêm ganhando espaço devido a terem um custo muito inferior aos outros tipos de sensores, serem de uso mais simples e portáteis, facilitando assim sua utilização pelo público em geral. Pöhlmann et al. (2017) definem-os como uma técnica baseada em um equipamento de custo inferior a mil dólares e de fácil transporte. Eles já vêm prontos para o uso, não precisam de utilização de marcadores (*targets*) e exigem apenas calibração rápida (com conferência feita pelo usuário), razão para o crescente uso deste tipo de sensor. Os de uso comercial custam acima de dez mil dólares (no ano de 2018). Normalmente requerem trabalho para preparação antes de cada uso, já que exigem colagem de marcadores no objeto, e têm calibração automática, mas ainda assistida pelo operador.

O sensor de profundidade Microsoft Kinect™ (2010), não tinha a digitalização 3D como proposta principal, nem programas específicos para esta finalidade. Vinha acompanhado de outros equipamentos, como o *videogame* Xbox 360, (também da Microsoft™), e teve mais de 35 milhões de unidades vendidas no período de 2010 a 2015, quando suas vendas foram encerradas (REISINGER, 2017). Naquele mesmo período adquiria força o movimento dos *Makers*, definidos pelo site Fazedores (2017), como uma “[...]cultura moderna que tem em sua base a ideia de que pessoas comuns [...] podem construir, consertar, modificar e fabricar os mais diversos tipos de objetos e projetos com suas próprias mãos. ”. Vendo o potencial desta tecnologia, eles começaram a explorar e criar programas visando como área de atuação a captura tridimensional, e assim foram desenvolvendo novos programas e equipamentos, até que ele passou a ser utilizado em pesquisas acadêmicas. Porém, ele produz uma baixa qualidade de malha, o que dificulta digitalizações de corpos com geometria não paramétrica e curvas anatômicas, como no caso da digitalização de uma pessoa. Assim, acaba por exigir diversas capturas para uma imagem mais detalhada e precisa, como demonstrado pelos pesquisadores Wheat, Choppin e Goyal (2014), que em suas investigações iniciais confirmaram que apenas um Kinect™ não é o suficiente para capturar uma superfície completa de um manequim e todos seus pontos de referência anatômicos.

O presente estudo volta-se, portanto, a outros dois equipamentos que funcionam de forma semelhante ao da Microsoft™, e na mesma faixa de preço. Foram escolhidos levando em conta fatores que os permitem serem melhores que o Kinect™ em algumas áreas, como imagem gerada por malha mais densa e código

aberto à comunidade, facilitando assim o desenvolvimento e comunicação com diversos equipamentos, como computadores, celulares e *tablets*. Um deles dispõe, inclusive, da possibilidade de captura de textura do objeto digitalizado. Os sensores utilizados foram o Asus Xtion Pro™, conectado a um *notebook*, e o Structure Sensor™ (conectado a um *notebook* Toshiba™ Qosmio™ X875-Q7190) e a um iPad™ 2, como demonstrado na Figura 1. O sensor Structure™, quando conectado ao iPad™ 2, gera também a textura do objeto, utilizando para isso a câmera do iPad™ 2.

Figura 1 – A Esquerda, Asus Xtion™, e a direita, Occipital Structure™, conectado ao iPad™ 2



Fonte: <https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion/> e <https://structure.io> (2018).

Os sensores geram uma nuvem de pontos, e cabe ao *software* usar funções matemáticas para interpolar estes pontos em um arquivo de malha, calculando sempre três vértices, com um vetor normal a eles. Por ser um programa que custa cem dólares e executa adequadamente essa função, o Skanect 3D™ tem sido usado amplamente pelos *Makers*.

MÉTODOS

O Structure™ contém dois sensores CMOS, de resolução VGA (640 x 480) e QVGA (320 x 240), com 30/60 quadros por segundo, ângulo de visão de 58° na horizontal e 45° na vertical, distância de escaneamento de 0,4 a 3,5 metros e precisão de 0,5 mm a 40 cm de distância, e 30 mm a 3 m de distância. O Asus Xtion Pro™ conta também com dois sensores CMOS, que entre si produzem um ângulo de visão de 58° na horizontal e 45° na vertical, com uma distância de escaneamento de 0,8 a 3,5 metros.

Ambos os sensores têm especificações parecidas, e precisaram de tempos de captura similares, nos testes realizados em um computador com as seguintes especificações: Processador Intel Core i7 3630QM 2,4 Ghz, 8GB de memória RAM e placa de vídeo GTX 460 de 1,5GB, operando via cabo USB (no caso do ASUS™) ou com o *hacker cable* (fornecido pela Occipital™).

O Structure™ foi testado também em um iPad™ 2, devido a ser o único deles que possui suporte também a esse aparelho, e utiliza a câmera do *tablet* para captura de imagens com textura.

No computador, o programa utilizado para captura de ambos os sensores foi o Occipital Skanect 3D™, descrito na pesquisa de Ravanelli, Lastilla e Crespi (2017),

como um excelente programa para reproduzir a geometria de objetos paramétricos, conseguindo trabalhar com uma gama de pontos até dez vezes superior a de seus concorrentes semelhantes.

No Skanect™ os parâmetros de preparação utilizados em ambas capturas foram: modo de cena configurado para 'objeto', caixa delimitadora em '1 m³' e 'proporção de tela normal', para captura do objeto com vistas a posterior aferição geométrica. Não foi utilizado método de reconstrução, disponibilizado pelo programa. No iPad™ 2, foi utilizado o aplicativo Scanner 3D™, disponível da loja de aplicativos do fabricante do equipamento, utilizando suas configurações padrões, em alta qualidade.

Como se torna complicada a aferição de medidas em geometrias não paramétricas, a parte de exatidão de valores foi verificada utilizando um sólido de geometrias conhecidas e aferíveis (demonstrado pela figura 2), produzido por manufatura aditiva, em uma impressora 3D Cloner™ DH+.

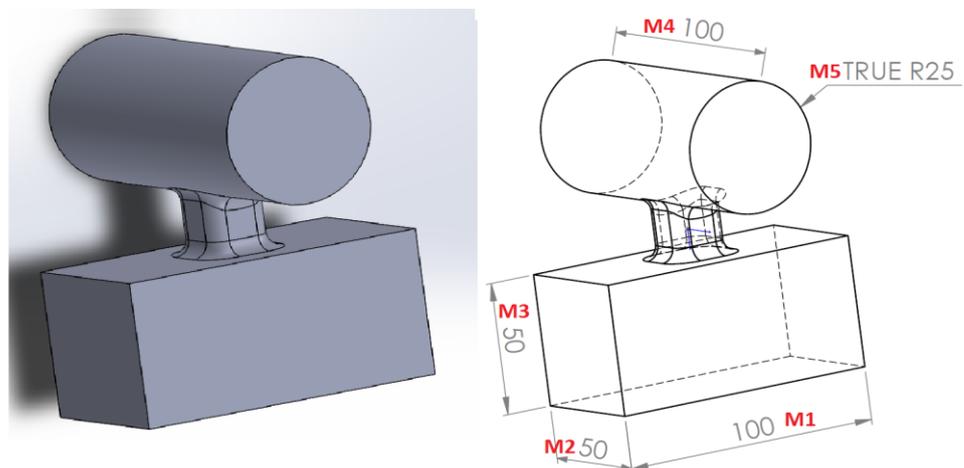
A aferição foi feita checando a geometria de cinco distâncias conhecidas, de M1 a M5, como demonstrado na Figura 2, utilizando o programa Solidworks™, sendo que nas medidas de 1 a 4, o teste foi feito coletando cinco amostras aleatórias de distâncias entre planos, enquanto na medida 5, foram selecionados 5 raios para a amostragem.

Com o conjunto de dados coletado, foi verificada sua média, variância e seu desvio padrão, tomando como base uma distribuição normal gaussiana, amplamente utilizada para modelar fenômenos naturais, para se verificar o grau de dispersão de um conjunto de dados, como descrito pela Equação 1.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_a)^2}{n}} \quad (1)$$

Para garantir a mesma qualidade a todas as digitalizações, o critério utilizado, como visto na Figura 3, foi fixar o objeto a um tripé, posicionado a 1,1 m do solo, e com o sensor posicionado a 0,9 m do objeto. O ângulo entre o objeto e o sensor não foi fixado, pois devido a ser uma digitalização de toda a geometria, a opção do autor foi movê-lo tanto na vertical, quanto na horizontal.

Figura 2 – Representação do objeto a ser utilizado como base (dimensões em mm)



Fonte: A autoria própria (2018).

Figura 3 – Objeto montado na base e com posições fixas



Fonte: A autoria própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sólido fabricado por uma impressora 3D foi digitalizado usando ambos os sensores e, a partir dos modelos, foi verificada a condição das malhas, e constatado que os arquivos digitalizados com o Structure™ no iPad™ 2 têm qualidade inferior, gerando uma malha com vários erros, enquanto com os sensores ligados ao computador, a qualidade é muito superior. É o que se evidencia nos dados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação entre propriedades usando os escâneres Structure™ e Asus Action Pro™ .

Propriedades dos arquivos	Asus Xtion Pro™ no notebook	Structure™ no notebook	Structure™ no iPad™ 2
Nº de triângulos	42338 (89,0%)	47548 (100%)	17468 (36,7%)
Nº de vértices	21964 (92,3%)	23801 (100%)	12920 (54,3%)
Tamanho do arquivo	14738 KB (98,5%)	14957 KB (100%)	1615 KB (10,8%)

Fonte: A autoria própria (2018).

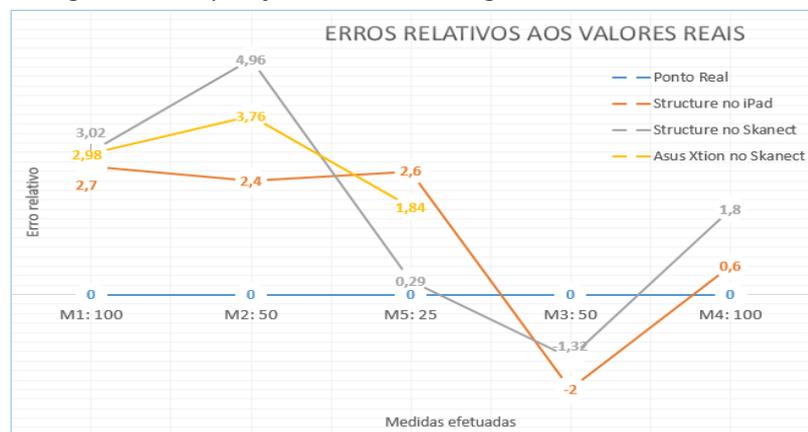
Após a digitalização do modelo de testes de geometria (Figura 2), os resultados foram verificados e estruturados na Tabela 1 (que demonstra a diferença entre as propriedades de malha dos sensores). Na Tabela 2, demonstrada no Figura 4, são demonstrados os valores medidos pelos sensores junto de seu erro percentual em relação ao seu valor real, o maior erro foi verificado no Structure™, quando o utilizando conectado ao iPad 2™. Ele tem apenas 36,7% do número de triângulos da malha gerada pelo Structure™ conectado no Computador, e um arquivo com apenas 10,8% do tamanho. Ainda na Tabela 2, não constam todos os dados em relação ao Asus Xtion Pro™, devido a sua digitalização ter sido realizada em 180°, apenas.

Tabela 2 – Comparação entre o valor da geometria e seu valor real.

Valores medidos	Asus Xtion Pro™ no SKANECT™	Structure™ no SKANECT™	Structure™ no iPad™ 2
Medida M1 - 100mm	102,98 +- 0,31 Erro (2,98%)	103,02 +- 0,83 Erro (3,02%)	102,70 +- 0,32 Erro (2,70%)
Medida M2 - 50mm	51,2 +- 0,50 Erro (3,76%)	52,48 +- 0,79 Erro (4,96%)	51,20 +- 0,54 Erro (2,40%)
Medida M3 - 50mm	-	49,34 +- 0,79 Erro (1,32%)	49,00 +- 0,89 Erro (2,00%)
Medida M4 - 100mm	-	101,80 +- 0,58 Erro (1,80%)	100,60 +- 0,26 Erro (0,60%)
Medida M5 - 25mm	25,46 +- 0,23 Erro (1,84%)	25,07 +- 0,44 Erro (0,29%)	25,65 +- 0,29 Erro (2,60%)

Fonte: Autoria própria (2018).

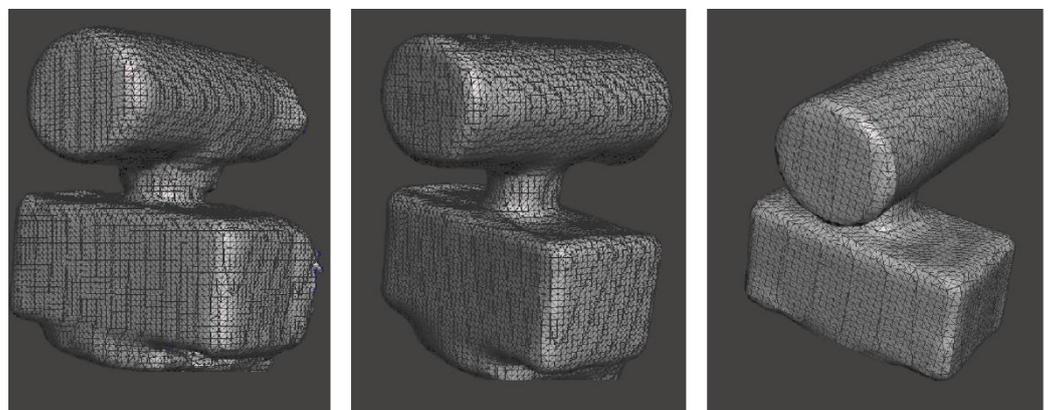
Figura 4 – Comparação entre o valor da geometria e seu valor real.



Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 5, demonstra-se a diferença de densidade entre as malhas das digitalizações, destacando-se que a do iPad™ 2 tem o menor número de pontos.

Figura 5 - da esquerda para direita: digitalização com o Asus Xtion Pro™ conectado ao notebook usando o software SKANECT™; Structure Sensor™ conectado ao notebook usando o software SKANECT™ e Structure Sensor™ conectado ao iPad™ 2.



Fonte: Autoria própria (2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pôde observar neste estudo, os sensores de profundidade de maneira geral, são mais baratos que os comerciais, porém exigem um pós processamento mais trabalhoso. Isso se nota principalmente no resultado obtido com o iPad™ 2, devido à menor qualidade de malha, pois são gerados alguns defeitos de malha devido à resolução do equipamento e à maneira como o conjunto de pontos é interpolado pelo programa. Exigem, pois, maior conhecimento por parte do operador que irá realizar o tratamento da imagem tridimensional.

De maneira geral, para aplicações de Engenharia que permitam margens de erro na escala de milímetros, os sensores são de extrema utilidade. O uso do Structure™ conectado ao iPad™ 2 foi o mais suscetível a erros de malha, dentro de uma faixa de milímetros. É, também, o mais fácil de utilizar, devido a sua rapidez para processamento das imagens e portabilidade. Ele permite, também, a captura de textura do objeto, fator útil para incrementar a avaliação geométrica. A única maneira de extrair os arquivos do iPad™ é enviando-os por e-mail, o que torna necessária a utilização também de *wi-fi*.

Utilizando o computador portátil, ambos os sensores apresentaram resultados bem semelhantes, porém houve maior dificuldade para capturar a malha em 360° utilizando o sensor da Asus™ em movimento. Ainda assim, ambos são indicados para aplicações em que se necessite de uma malha mais detalhada e captura de detalhes.

Em todos os três casos, devido ao método utilizado para captura das digitalizações, o pós processamento se faz necessário para correção de falhas. E quanto mais detalhada é a malha, mais processamento será necessário também, tornando mais viável um equipamento como o iPad 2™ quando não for necessário um modelo muito detalhado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UTFPR pela bolsa de inovação, ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora (DT2) e a Microbras pela disponibilização da impressora 3D.

REFERÊNCIAS

GONZÁLEZ-JORGE, H. et al. Metrological evaluation of Microsoft Kinect and Asus Xtion sensors. **Measurement**, [s.l.], v. 46, n. 6, p.1800-1806, jul. 2013. Elsevier BV. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.01.011>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

PÖHLMANN, Stefanie T.I. et al. Preoperative implant selection for unilateral breast reconstruction using 3D imaging with the Microsoft Kinect sensor. **Journal Of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery**, [s.l.], v. 70, n. 8, p.1059-1067, ago. 2017. Elsevier BV. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bjps.2017.04.005>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

WHEAT, J.s.; CHOPPIN, S.; GOYAL, A.. Development and assessment of a Microsoft Kinect based system for imaging the breast in three dimensions. **Medical Engineering & Physics**, [s.l.], v. 36, n. 6, p.732-738, jun. 2014. Elsevier BV. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2013.12.018>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

RAVANELLI, R.; LASTILLA, L.; CRESPI, M.. 3D MODELLING BY LOW-COST RANGE CAMERA: SOFTWARE EVALUATION AND COMPARISON. **Isprs - International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [s.l.], v. -2/8, p.209-212, 14 nov. 2017. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w8-209-2017>. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W8-209-2017>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

FAZEDORES, **Legal! Mas o que é o Movimento Maker?**. Disponível em: <<http://blog.fazedores.com/sobre/>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

REISINGER, D. **Microsoft Has Finally Killed the Kinect Xbox Sensor**. 2017. Disponível em: <<http://fortune.com/2017/10/25/microsoft-kinect-xbox-sensor/>>. Acesso em: 26 jul. 2018.