



PROJETAR - 2015

Originalidade, criatividade e inovação no projeto contemporâneo:
ensino, pesquisa e prática. Natal, 30 de setembro a 02 de outubro.

Sistematização de método para modelagem tridimensional de patrimônio arquitetônico mediada pelo software Autodesk 123D Catch.

Systematization method for three-dimensional modeling in Autodesk's 123D Catch software.

Método de sistematización para el modelado en tres dimensiones en el software Autodesk 123D Catch.

OLIVEIRA, Maurício.

Mestrando, UNICAMP, oliveiramauricio@gmail.com.

GUIMARÃES, Pedro.

Graduando, UFMT, pedrotguimaraes@yahoo.com.br.

HARRIS, Ana.

Pós-Doutora, UNICAMP, luharris@gmail.com.

RESUMO

Tendo em vista o potencial das novas tecnologias de fotogrametria tridimensional de baixo custo, este artigo descreve uma pesquisa que têm por objetivo investigar e sistematizar um método adequado para a condução de levantamentos fotogramétricos, cujo produto resulte numa eficiente modelagem tridimensional automática facilitada pelo software gratuito Autodesk 123D Catch, buscando assim o entendimento de suas características, funcionamento, algoritmos e limitações. Para isto, a partir de fundamentação pautada pelas referências bibliográficas, foram conduzidos experimentos e análise dos dados de um levantamento fotográfico realizado no Chafariz do Mundéu, um edifício histórico situado na cidade de Cuiabá-MT que possui as condições ideais para realização do levantamento – baseado em etapas anteriores da pesquisa. Para produção dos dados, estão sendo investigados processos de registro fotográfico e manipulação das imagens digitais - que incorporem algumas variáveis com a intenção de atingir maior reprodutibilidade possível em outros sítios históricos. Como resultado, o experimento evidencia diretrizes para o uso desse software em auxílio à documentação de edifícios e também, outros novos campos para a continuidade da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Projetar; patrimônio; fotogrametria; Autodesk 123D Catch.

ABSTRACT

With the potential of new technologies for low-cost three-dimensional photogrammetry, this article describes a research that aim to investigate and to systematize an appropriate method for execution of photogrammetric surveys, whose product could result in an efficient automatic three-dimensional modeling facilitated by free software Autodesk 123D Catch, trying to understand its characteristics, operation, algorithms and limitations. For this, from background guided by references, data analysis and experiments were conducted in a photo shooting realized in the Chafariz do Mundéu, a heritage building located in the city of Cuiabá, in the state of Mato Grosso, which has ideal conditions for carrying out the survey - based in earlier stages of the research. For producing data, photographic registration processes and manipulation of digital images are being investigated -

that include some variables with the intention to achieve greater reproducibility in other historic sites. As result, the experiment highlights guidelines for the use of the software on aid to the documentation of buildings and also other fields for continuing research.

KEY-WORDS (3 a 5): *Projetar; heritage; photogrammetry; Autodesk 123D Catch.*

RESUMEN

En vista del potencial de las nuevas tecnologías de fotogrametría tridimensional de bajo costo, este artículo describe una etapa de investigación que tiene como objetivo investigar y sistematizar un método apropiado para la conducción de levantamiento fotogramétricos, cuyo producto puede resultar en un modelado tridimensional automático eficiente facilitado por lo software gratis Autodesk 123D Catch, y la búsqueda de la comprensión de sus características, funcionamiento, algoritmos y limitaciones. Para ello, desde la fundación guiada por referencias, se llevaron a cabo análisis de datos y experimentos en una sesión de fotos realizada en lo Chafariz do Mundéu, un edificio histórico situado en la ciudad de Cuiabá-MT, en el estado de Mato Grosso, que tiene las condiciones ideales para la realización de la encuesta - basado en las primeras etapas de la investigación. Para los datos de producción, se están investigando los procesos de registro fotográfico y manipulación de imágenes digitales - que incluyen algunas variables con la intención de lograr una mayor reproducibilidad posible en otros lugares históricos. Como resultado, el experimento pone de relieve las directrices para el uso del software en la ayuda a la documentación de edificios y también otros campos para continuar la investigación.

PALABRAS-CLAVE: *Projetar, patrimonio; fotogrametría, Autodesk 123D Catch.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existe um amplo desenvolvimento das técnicas de levantamento do patrimônio arquitetônico por modelagem tridimensional a partir de fotografias do edifício. Porém, ainda é possível identificar a carência de referências a respeito da realização de tais levantamentos através da utilização de softwares gratuitos modeladores por nuvem de pontos, como o software Autodesk 123D Catch. Em decorrência disso, são poucas as informações relativas a um método para capturar as imagens e utilizá-las com melhor eficiência.

As tecnologias digitais de gravação e documentação, segundo ressalta STOJAKOVIC (2013) são recursos muito importantes para auxiliar a preservação do patrimônio arquitetônico, tendo em vista os riscos diversos a que estão sujeitos, como catástrofes naturais e destruição por motivos bélicos – a exemplo da devastação de edifícios históricos pelo terremoto¹ ocorrido no vale do Katmandu, no Nepal, e dos sítios históricos de Hatra e Nimrud demolidos pelo grupo DAESH², no Iraque. Com a criação de softwares modeladores tridimensionais baseados em nuvem de pontos gratuitos, se tem aumentado significativamente a quantidade de registros de patrimônio cultural (arquitetônico, arqueológico, urbanístico), incorporando na documentação do acervo digital o modelo tridimensional do próprio edifício, capaz de ser reproduzido posteriormente em equipamentos de fabricação digital

¹ http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2015/04/150427_nepal_patrimonio_historico_destruido_rm

² http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2015/03/150307_destruicao_estado_islamico_iraque_rb

em qualquer outro lugar, permitindo a criação de cópias com grande quantidade de detalhes. WUTKE (2005) ressalta que o levantamento fotogramétrico traz vantagens pela fidelidade na representação da forma, que é capturada exatamente como se encontra quando do momento de registro das fotografias.

2. FUNDAMENTAÇÃO

As atuais técnicas de fotogrametria tridimensional em muito têm auxiliado a documentação do patrimônio arquitetônico. Técnicas sofisticadas como os *scanners* a laser 3D, que realiza uma varredura no espaço e retorna ao equipamento as distâncias percorridas pelo laser, permitem a modelagem de grande nuvem de pontos decorrente da variação das distâncias mensuradas. Apesar do excelente resultado, a modelagem gerada por tamanha nuvem produz uma imensa quantidade de polígonos, requerendo computadores também muito sofisticados para sua manipulação, sendo necessário compor todo um “ecossistema” de elevado custo. Em contrapartida, o desenvolvimento de softwares gratuitos como o Autodesk 123D Catch vem tornando essa documentação mais acessível por meio de recursos mais simples: a geração da nuvem de pontos se dá através de uma sequência fotográfica. O software possui um algoritmo que determina a estrutura geométrica do objeto fotografado pela variação angular de cada imagem, sendo então necessário o registro das diferentes profundidades que compõem o edifício ou objeto. Stojakovic (2013) acrescenta que nesse sistema de modelagem as fotografias podem ser obtidas com o uso de equipamentos de menor custo – se comparados com técnicas tradicionais, como o laser – produzindo informação suficiente para gerar um modelo 3D texturizado e preciso.

Em 2013, os pesquisadores europeus Santiagati et al. (2013) investigaram as potencialidades do software Autodesk 123D Catch aplicado ao patrimônio arquitetônico – comparando-o à técnica de varredura a laser, e obtendo excelente resultado. No Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de tecnologias digitais – Arqdoc 2014 – realizado em João Pessoa na Paraíba, os pesquisadores Guimarães et al. (2014) apresentaram um artigo comparando a qualidade da nuvem de pontos gerada pelos softwares Autodesk 123D Catch e o Microsoft Photosynth aplicados a três diferentes edifícios da cidade de Cuiabá-MT, no qual percebeu-se que em todos os resultados – que foram obtidos a partir das mesmas fotos inseridas em ambos os softwares – o Autodesk 123D Catch retornou melhores resultados. Por estas razões, optou-se neste trabalho por investigar uma sistemática baseada no uso deste software.

Apesar dos resultados positivos, Kuo e Amorim (2010) ressaltam as dificuldades em se realizar a modelagem geométrica a partir do levantamento fotográfico na escala arquitetônica, pois “isso faz com que muitos pontos de interesse estejam muito distantes em relação à câmera”. Assim, a baixa resolução de alguns detalhes pode atrapalhar a identificação da localização precisa dos pontos homólogos nas várias fotografias, dificultando a modelagem e, conseqüentemente, a qualidade do modelo nestes softwares (GUIMARÃES et AL, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O edifício selecionado para o levantamento fotográfico foi o Chafariz do Mundéu, localizado em Cuiabá-MT (Figura 1). Foi construído em 1871 (IPDU, 2004) como uma fonte de água utilizada pela população local (NASCIMENTO, 2009). Possui planta em formato de octógono regular e apresenta tendência neoclássica. Sua escolha se deu em função do resultado obtido em etapa anterior à pesquisa, na qual o software Autodesk 123D Catch foi utilizado para modelar três edifícios históricos da cidade de Cuiabá a partir de levantamento fotográfico. Atribuiu-se o bom desempenho do software em função da reduzida dimensão do edifício, permitindo que as imagens fossem registradas com maior proximidade.

Figura 1 - Chafariz do Mundéu.



Fonte: dos autores.

3.1. Equipamento fotográfico.

Para o levantamento foi utilizada uma câmera fotográfica SLR fabricada pela Nikon modelo D5100, com 16.2 megapixels. Acoplada a ela, uma lente objetiva Nikkor com distância focal fixa de 24 mm e

abertura de diafragma máxima de F/2.8. Apesar de tal valor, optou-se pela utilização de abertura equivalente a F/5.6, por apresentar o melhor desempenho no quesito nitidez dessa lente (STAMM, 2011).

As imagens foram registradas no dia 27 de março de 2015, aproximadamente ao meio-dia. Optou-se pelo referido momento porque o céu encontrava-se nublado, mas com iluminação intensa, gerando uma conveniente iluminação difusa sobre a fachada - com brando contraste - e permitindo o registro de todas as imagens sem que qualquer informação da fachada fosse perdida por superexposição ou subexposição, o que acarretaria em perda de informação. A iluminação contribuiu também para a utilização de sensibilidade igual a ISO 100, sendo esta a menor da câmera. Reduzindo ao mínimo a quantidade de ruídos da imagem e utilizando a maior latitude de cores do equipamento. A velocidade do obturador foi automaticamente controlada pela máquina para atender idealmente cada registro, sendo todos obtidos com o auxílio de um tripé para uniformizar a altura da máquina em relação ao solo e para disparo temporizado, evitando tremores durante o registro.

3.2. O software Autodesk 123D Catch.

O software 123D Catch foi desenvolvido pela Autodesk em 2012, a partir de um projeto iniciado em 2010 chamado Photofly (KERSTEN e LINDSTAEDT, 2012). Através dele, é possível criar uma malha tridimensional utilizando, pelo menos, cinco imagens com alguma sobreposição, a partir de diferentes ângulos de um objeto. Apesar da interface com o usuário se dar através do aplicativo instalado em seu computador, o algoritmo e processamento necessários para gerar a modelagem a partir das imagens só podem ser acessados através da Internet, utilizando a nuvem da Autodesk. Segundo KERSTEN e LINDSTAEDT (2012) o Photofly foi baseado no software smart3Dcapture, da companhia francesa acute3D, sendo este substituído pela versão beta do 123D Catch quando a referida companhia lançou seu smart3Dcapture no mercado.

Em seu artigo, Santiagati et al. (2013) apontam diretrizes muito importantes a serem seguidas para a obtenção de uma boa acurácia na modelagem utilizando o Autodesk 123D Catch:

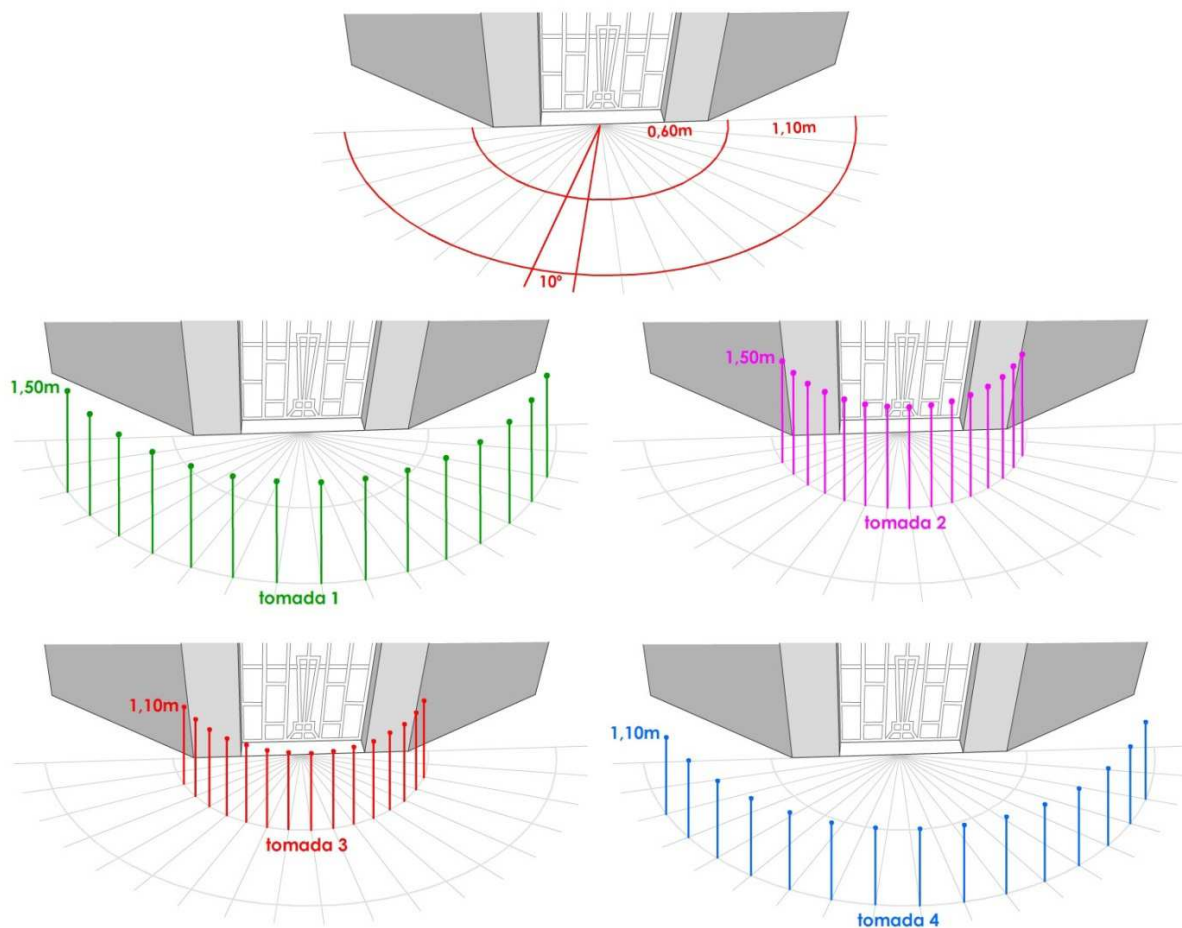
“o ângulo entre duas fotografias integrantes de uma mesma sequência deverá ter entre cinco e dez graus e é recomendado que haja uma sobreposição de no mínimo 70% do enquadramento entre fotografias, isto porque, para a modelagem, o software identifica os pontos correspondentes entre as sequências de imagens.” (SANTIGATI, C. et. al. 2013, apud GUIMARÃES, P. et. al. 2014).

Tendo em vista estas recomendações, a distância e altura da câmera foram dimensionadas com base na posição dos elementos desejados para realização da modelagem. A seguir, foram traçados dois semicírculos no solo com centro fixo na porção central da fachada, contendo raios de 0,65m e 1,10m,

intuindo captar apenas detalhes sem enquadrar o edifício inteiro. Estes arcos foram divididos em segmentos de dez graus, sendo descartados vinte graus em ambas as extremidades por estarem aproximadamente paralelos à fachada. Assim, o registro obteve aproveitamento efetivo de cento e quarenta graus. O tripé foi posicionado com o auxílio de um prumo e nível em cada marcação, e as fotos foram registradas com a câmera sempre direcionada ao centro das semicircunferências.

Quatro diferentes tomadas fotográficas foram registradas percorrendo sequencialmente cada marcação, uma por vez e cada uma duas vezes com alturas distintas em relação ao solo: 1,10m e 1,50m, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Afastamentos e posição das 15 fotos de cada tomada.



Fonte: dos autores.

As fotografias foram compiladas em 21 grupos diferentes de modo a produzir modelagens no Autodesk 123D Catch. Cada grupo foi dividido segundo variações dos critérios relativos a: fotografias pertencentes a mesma tomada; fotografias com igual afastamento da fachada, mas com diferentes

alturas; fotografias com diferentes deslocamentos angulares horizontais - 10°, 20° e 30° e fotografias contendo todas as tomadas.

Com os grupos devidamente estabelecidos, foram realizadas as modelagens através do software Autodesk 123D Catch, que procedeu com o upload das fotos para os servidores. Quando do término, de posse das 21 modelagens realizadas, utilizou-se o software Autodesk Meshmixer 10.8.126 exclusivamente para posterior contagem dos pontos (vértices), pois o 123D Catch não possui tal recurso. Na Tabela 1 encontram-se os dados referentes às compilações e a quantidade de pontos dos respectivos modelos gerados.

Tabela 1 – Dados obtidos pelo Autodesk Meshmixer catalogados segundo os grupos.

Modelo	Tomadas	Varição Horizontal	Nro. de fotos	Nro. total de pontos	Nro. de pontos por foto
1	2 (d= 0,65; h=1,50)	10°	15	141262	9417
2	2 (d= 0,65; h=1,50)	20°	8	69797	8725
3	2 (d= 0,65; h=1,50)	30°	5	9444	1889
4	1 (d= 1,10; h=1,50)	10°	15	67471	4498
5	1 (d= 1,10; h=1,50)	20°	8	45559	5695
6	1 (d= 1,10; h=1,50)	30°	5	27002	5400
7	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10)	10°	30	198433	6614
8	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10)	20°	16	98326	6145
9	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10)	30°	10	49797	4980
10	1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	10°	30	85344	2845
11	1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	20°	16	57124	3570
12	1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	30°	10	49295	4930
13	3 (d=0,65; h=1,10)	10°	15	153698	10247
14	3 (d=0,65; h=1,10)	20°	8	61001	7625
15	3 (d=0,65; h=1,10)	30°	5	24945	4989
16	4 (d=1,10; h=1,10)	10°	15	81164	5411
17	4 (d=1,10; h=1,10)	20°	8	44100	5513
18	4 (d=1,10; h=1,10)	30°	5	25724	5145
19	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10) + 1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	10°	60	187071	3118
20	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10) + 1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	20°	32	147838	4620
21	2 (d=0,65; h=1,50) + 3 (d=0,65; h=1,10) + 1 (d=1,10; h=1,50) + 4 (d=1,10; h=1,10)	30°	20	117491	5875

Na primeira coluna é informado o número do grupo de fotos e, na seguinte, a tomada que foi utilizada para a composição da modelagem – indicando que em certos casos foram utilizadas imagens

de duas ou quatro tomadas. Na terceira coluna, a variação angular utilizada para a composição: quando realizados intervalos de dez graus, todas as fotos da tomada foram utilizadas; quando de vinte ou trinta graus, significa que, respectivamente, uma ou duas fotos foram descartadas a cada foto utilizada, expondo então na coluna seguinte a quantidade total de fotos da composição, seguida pelo número total de vértices gerado pela nuvem de pontos do 123D Catch. A última coluna contém a relação de aproveitamento de cada imagem, sendo este o quociente da divisão entre o total de vértices e a quantidade de fotos utilizadas.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Analisando os dados da Tabela 1 é possível reorganizá-los de algumas formas. Porém, enfatizando o caráter qualitativo da experiência, duas avaliações são importantes: a quantidade total de vértices gerados pelas imagens e a quantidade de vértices gerados por imagem. A primeira situação diz respeito à qualidade do aproveitamento do conjunto de todas as imagens enquanto a segunda à qualidade do aproveitamento por imagem individual.

Em ambos os casos, é possível perceber um padrão emergente: os grupos que contém imagens mais próximas ao edifício obtiveram maior aproveitamento destas para modelagem - mesmo se comparadas a grupos com mais fotos, porém obtidas a maior distância do objeto. Todos os sete grupos com melhor desempenho nas duas avaliações são integralmente ou parcialmente constituídos pelas tomadas 2 e 3 – as mais próximas do edifício, conforme reorganizado na Tabela 2.

Tabela 2 – grupos com maior número total de pontos (esquerda) e maior número de pontos por foto (direita).

grupo	tomada	âng.	fotos	pts. total
7	2 + 3	10°	30	198433
19	2 + 3 + 1 + 4	10°	60	187071
13	3	10°	15	153698
20	2 + 3 + 1 + 4	20°	32	147838
1	2	10°	15	141262
21	2 + 3 + 1 + 4	30°	20	117491
8	2 + 3	20°	16	98326
10	1 + 4	10°	30	85344

grupo	tomada	âng.	fotos	pts./foto
13	3	10°	15	10247
1	2	10°	15	9417
2	2	20°	8	8725
14	3	20°	8	7625
7	2 + 3	10°	30	6614
8	2 + 3	20°	16	6145
21	2 + 3 + 1 + 4	30°	20	5875
5	1	20°	8	5695

5. CONCLUSÕES PRELIMINARES

O resultado da modelagem realizado pelo Autodesk 123D Catch foi satisfatório, permitindo a visualização de pequenos detalhes, como a superfície rugosa do vidro e as curvas de ferro fundido do gradil. A forma dos elementos arquitetônicos foi fielmente modelada e o resultado das texturas aproxima-se muito da situação real do edifício, conforme visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Resultado da Modelagem do grupo 7.



Fonte: dos autores.

Como se trata de uma pesquisa em andamento, ainda não há elementos suficientes para estabelecer considerações definitivas, porém, o resultado do experimento converge e reafirma as ponderações de Kuo e Amorim (2010) sobre a “realização de modelagem geométrica a partir do levantamento fotográfico na escala arquitetônica”, pois todos os melhores resultados foram propiciados pelos grupos cujas imagens estavam mais próximas ao objeto fotografado, tanto ao consideramos o número total de pontos quanto o número de pontos por foto.

Com base na modelagem obtida, verifica-se grande potencial no uso de equipamentos de fotogrametria tridimensional de baixo custo, abrindo espaço para registros mais fiéis e interativos que possam ser utilizados como material didático para o ensino em sala de aula e visualização em museus – facilitados, sobretudo pelas novas tecnologias de estereolitografia (impressão 3D). Auxiliando na formação de novos pesquisadores e colaborando com o registro e preservação das obras e conseqüentemente, da memória de uma sociedade.

7. AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer o apoio do NEAU – Núcleo de Estudos em Arquitetura e Urbanismo e do departamento de Arquitetura e Urbanismo, ambos da Universidade Federal de Mato Grosso, por fornecer os equipamentos necessários para realização da pesquisa. E também, a Universidade Estadual de Campinas, por possibilitar e colaborar com a produção desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

AUTODESK. *Learn how to use 123D Catch*. 2014. Disponível em: <<http://www.123dapp.com/howto/catch>>. Acesso em 17 jul. 2014.

GUIMARÃES, P. P. T.; AMARAL, G. M.; OLIVEIRA, T.; OLIVEIRA, M. G.; MASCARO, L. P.; OLIVEIRA, T. B. L. G.: **Comparação entre softwares gratuitos modeladores de nuvem de pontos a partir de levantamento fotogramétrico aplicados à documentação do patrimônio arquitetônico de edifícios históricos em Cuiabá-MT**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 1, 2014, João Pessoa. ARQ DOC 2014, João Pessoa: UFPB, 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO - IPDU. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá, 2004.

KERSTEN, T.; LINDSTAEDT, M.: Image-Based Low-Cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects. **Progress in Cultural Heritage Preservation**. Berlin, 4th International Conference, EuroMed 2012, Springer. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-34234-9_1> Acesso em: 23 mar 2015.

KUO, V.; AMORIM, A.: **Levantamento fotogramétrico de edificações: principais limitações encontradas na modelagem geométrica da Igreja do Monte, em Cachoeira - BA**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, 1, 2010, Salvador. ARQ DOC 2010..., Salvador: UFBA, 2010.

NASCIMENTO, F.: **Roteiro turístico de remanescentes arquitetônicos e tipologias do centro histórico de Cuiabá**. 2009. 99 f. TCCP (Especialização em Patrimônio, Turismo e Desenvolvimento Regional: aspectos conceituais e tendências) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Cuiabá, 2009.

SANTAGATI, C.; INZERILLO, L.; DI PAOLA, F. **Image-based modeling techniques for architectural heritage 3D digitalization: limits and potentialities**. In: International CIPA Symposium, 24, 2013, Strasbourg. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V. XL-5/W2. 2013.

STAMM, M. **Nikkor AF 24mm f/2.8 D (FX) - Review / Test Report**. Photozone. Herschbach, mai. 2011. Disponível em: <http://www.photozone.de/nikon_ff/551-nikkorafd2428ff>. Acesso em: 09 abr. 2015.

STOJAKOVIC, V. BAJANSKI, I. **Image-based surveying and modeling of the unprotected architectural heritage – St. Rudolf's Church in Banostor**. In: International CIPA Symposium, 24, 2013, Strasbourg. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, V. II-5/W1. 2013.

WUTKE, J. D.; FOSSE, J. M.; CENTENO, J. A. S. **Documentação e modelagem 3D de patrimônio arquitetônico através do uso de técnica de fotogrametria de baixo custo**. In: COLOQUIO BRASILEIRO DE CIENCIAS GEODÉSICAS, 4, 2005, Curitiba. CBCG - COLOQUIO BRASILEIRO DE CIENCIAS GEODÉSICAS, Curitiba: UFPR, 2005.