

Repositório ISCTE-IUL

Deposited in *Repositório ISCTE-IUL*:

2022-05-06

Deposited version:

Submitted Version

Peer-review status of attached file:

Unreviewed

Citation for published item:

Coelho, A. & Genin, S. (2016). Método de levantamento fotogramétrico aplicado ao projeto de conservação da fachada do mosteiro de Alcobaça. In Marluci Menezes, José Delgado Rodrigues, Dória Costa (Ed.), Congresso Ibero-Americano: património, suas matérias e imatérias - Livro de atas. Lisboa: LNEC.

Further information on publisher's website:

<https://plataforma9.com/congressos/congresso-ibero-americano-patrimonio-suas-materias-e-materias.htm>

Publisher's copyright statement:

This is the peer reviewed version of the following article: Coelho, A. & Genin, S. (2016). Método de levantamento fotogramétrico aplicado ao projeto de conservação da fachada do mosteiro de Alcobaça. In Marluci Menezes, José Delgado Rodrigues, Dória Costa (Ed.), Congresso Ibero-Americano: património, suas matérias e imatérias - Livro de atas. Lisboa: LNEC.. This article may be used for non-commercial purposes in accordance with the Publisher's Terms and Conditions for self-archiving.

Use policy

Creative Commons CC BY 4.0

The full-text may be used and/or reproduced, and given to third parties in any format or medium, without prior permission or charge, for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes provided that:

- a full bibliographic reference is made to the original source
- a link is made to the metadata record in the Repository
- the full-text is not changed in any way

The full-text must not be sold in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

Método de levantamento fotogramétrico aplicado ao Projeto de Conservação da fachada do Mosteiro de Alcobaça

André Filipe Coelho

ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Portugal, afbco@iscte-iul.pt

Soraya Genin

ISTAR-IUL – Centro de Investigação em Ciências da Informação, Tecnologias e Arquitetura. ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Portugal, Soraya.Genin@iscte.pt

Resumo

Atualmente existe no mercado uma grande variedade de *softwares* fotogramétricos. O levantamento arquitetónico com recurso a esta tecnologia tem sido cada vez mais procurado, para servir de base a Projetos de Conservação do Património Arquitetónico.

Com o objetivo de testar *softwares* e avaliar a sua aplicabilidade em Projeto, efetuamos o levantamento fotogramétrico da fachada da igreja do Mosteiro de Alcobaça, em colaboração com a Direção Geral do Património Cultural (DGPC). Apresentamos todas as fases do processo: o planeamento (testes dos equipamentos disponíveis, drones e máquinas fotográficas), o trabalho de campo (levantamentos fotográfico e topográfico) e o trabalho de gabinete (processamento de dados e restituição gráfica).

Obtivemos bons resultados de reconstrução da nuvem densa de pontos e visualização do modelo 3D, com um dos *softwares* utilizados. Ambos apresentaram erro devido à distorção da lente fotográfica, no entanto o método foi eficaz para o registo de pormenores construtivos necessário ao Projeto de Conservação, em particular para mapeamento de anomalias e medição dos trabalhos a executar.

Palavras-chave: Fotogrametria, Levantamento, Documentação, Registo, Conservação do Património.

Introdução

A fotogrametria é um importante método de levantamento do Património Arquitetónico. Permite obter uma elevada quantidade de informação do edifício, nomeadamente a sua geometria, os elementos construtivos, os seus materiais e anomalias, de uma forma não intrusiva. É uma ferramenta essencial no levantamento de construções em pedra, para representação gráfica da estereotomia de fachadas, pavimentos ou abóbadas. Os pormenores podem ser desenhados com mais ou menos detalhe, em função dos objetivos. As fotografias são uma preciosa fonte documental, podendo ser processadas a qualquer momento.

Estudos especializados nesta área confirmam a importância da fotogrametria na produção de documentação gráfica base do Projeto de Conservação (MATEUS, 2012).

Como recomendado, o ato de registar deve estar sujeito a uma distinção clara entre a observação e a interpretação, permitindo que os dados sejam reinterpretados posteriormente [English Heritage, 2006].

Contámos com a participação de várias entidades que contribuíram para a realização do estudo. Foi estabelecido um acordo de colaboração com a Direção Geral do Património e Cultura (DGPC), que tinha em curso a execução do caderno de encargos para a empreitada de Conservação do Mosteiro de Alcobaça. Foi-nos disponibilizado o levantamento CAD da fachada, o levantamento topográfico e todo o apoio logístico necessário. O trabalho foi desenvolvido num contexto profissional e o resultado teve uma aplicação prática no Projeto de Conservação.

Contámos com a colaboração do Centro de investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design (CIAUD) da Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa (FA-ULisboa), tanto no trabalho de campo, como no ensinamento dos programas fotogramétricos utilizados.

O Instituto de Telecomunicações do ISCTE-IUL (IT-IUL) disponibilizou o equipamento necessário (drone e máquina fotográfica) e colaborou no desenvolvimento de testes preliminares para seleção dos equipamentos e no levantamento fotográfico.

Apresentamos o trabalho de levantamento fotogramétrico efetuado, descrevendo todo o processo e metodologia utilizada, desde a aquisição ao processamento de dados. Comparamos dois *softwares* fotogramétricos, o Visual SFM (gratuito, disponível online) e o Agisoft PhotoScan, avaliando o método e os resultados obtidos.

Método de levantamento

A fotogrametria apresenta diversas potencialidades utilizando como base operacional a imagem fotográfica, integrando um conjunto de técnicas que têm como objetivo a obtenção de levantamentos geométricos e arquitetónicos, assim como a quantificação métrica de superfícies e volumetria de objetos [BASTIAN, 2013].

A Fotogrametria Digital Terrestre (FTD) é classificada em função do número de imagens utilizadas: fotogrametria de imagem única (ou fotogrametria 2D); estereofotogrametria (duas imagens obtidas com eixos paralelos entre si); Fotogrametria de múltiplas imagens (fotogrametria de convergência ou manoscópica). (MATEUS, 2012, pp. 131-133):

A técnica de fotogrametria de imagem única permite restituir elementos planos sem informação sobre a sua profundidade. O seu princípio operativo tem como objetivo conseguir uma projeção ortogonal de um elemento plano do edifício, obtendo-se uma representação bidimensional metricamente definida baseada numa imagem (retificação de imagem), sendo os pontos ou linhas delineados manualmente sobre esta, na qual posteriormente se podem realizar medições (Figura 1) [RAMÍREZ, 2006].



Figura 1: Exemplo de retificação fotogramétrica [MATEUS, 2012].

A estereofotogrametria é uma técnica que se baseia na utilização de duas imagens fotográficas de um mesmo objeto (par estereoscópico) (Figura 2a). Na captação das fotografias, os eixos óticos das câmaras têm de estar paralelos entre si e as imagens obtidas com a mesma direção e distância ao objeto. Permite a visão estereoscópica e a restituição fotogramétrica. Em cada imagem fotográfica são identificados os pontos homólogos. Para proceder ao cálculo da posição espacial de cada ponto é necessário conhecer os parâmetros de translação e rotação da câmara, obtidos no momento da captura da imagem fotográfica, ou independentemente com pontos de controlo obtidos por topografia. A medida que se calcula cada par homólogo vai-se obtendo a informação relativa à sua posição e orientação, segundo o sistema de coordenadas cartesianas (x, y, z) , sendo possível então obter-se modelos tridimensionais [BASTIAN, 2013].

A Fotogrametria de múltiplas imagens (Figura 2b), tem como base o princípio da triangulação, que consiste na interseção de linhas convergentes no espaço, determinando-se matematicamente a posição de um ponto. A determinação desse ponto ou conjunto consiste na orientação das imagens a um sistema de coordenadas (x,y,z) . Para este procedimento é necessário conhecer, no momento da captura, as coordenadas do ponto, em pelo menos duas imagens, sendo a situação ideal em três ou mais [BASTIAN, 2013].

O ângulo máximo definido entre os raios de um dado ponto obtidos a partir de fotografias

convergentes, não deve ser inferior a 30° nem superior a 90°. O raio de um dado ponto de uma fotografia é o vetor definido pelo ponto e o centro da lente da câmara fotográfica [VALENÇA et al., 2006].

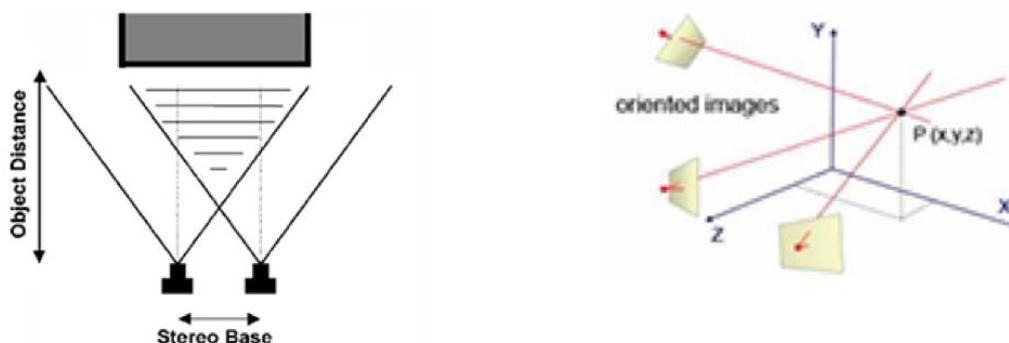


Figura 2: Levantamento fotográfico baseado em estereoscopia (a). Fotogrametria de múltiplas imagens (b) [BASTIAN, 2013].

O método de levantamento fotogramétrico é indireto, no entanto é necessário o levantamento topográfico de alguns pontos para obtenção do modelo à escala e sua georreferenciação. É um trabalho muito menos moroso que o levantamento tradicional, em que cada ponto do objeto é levantado e registado individualmente.

Os métodos indiretos - a fotogrametria aérea e terrestre, o varrimento laser 3D terrestre e as imagens satélite - têm a vantagem do registo de pontos ser indiferenciado e em grande número. Para além de representar grande redução do trabalho de campo, permite obter informação através de dispositivos que não estão em contacto com o objeto, sendo por isso um método não intrusivo, ideal para o levantamento do Património Arquitectónico [MATEUS, 2012].

Testes preliminares

Antes de iniciar o levantamento fotogramétrico da fachada do Mosteiro de Alcobaça, foram testados os equipamentos disponíveis, no campus universitário do ISCTE-IUL: dois drones montados pelo IT-IUL (Instituto de Telecomunicações do ISCTE-IUL) e duas câmaras fotográficas, uma Sony Alpha A6000 e uma GoPro Hero+ Black Edition.

Realizaram-se três voos com o primeiro drone (Figura 3a), para testar a autonomia das baterias com o drone em voo. Foram realizados testes sem a câmara fotográfica e com a câmara incorporada, resultando 5 minutos de voo sem a câmara e 3 minutos de voo com a câmara.

Testou-se a qualidade das imagens fotográficas tiradas durante o voo. A câmara testada neste drone foi a Sony Alpha A6000, indicada para este tipo de levantamento. Observou-se que as dimensões e peso da máquina excediam o limite suportado pelo gimble (estrutura do drone para suporte da máquina). Este não conseguia efetuar os movimentos giratórios de compensação às vibrações para estabilização das imagens. No entanto, as fotografias tinham boa qualidade, devido à excelente velocidade de obturação de imagem em 1/200.

Observou-se também que o peso adicionado ao drone pela câmara fotográfica causava instabilidade durante o voo, podendo por em risco a segurança de utentes e visitantes do Mosteiro ou o próprio edifício. Outro fator de risco era a pouca durabilidade da bateria durante o voo, podendo provocar a queda do equipamento.

Foram efetuados os mesmos testes com o segundo drone (Figura 3, direita), mais pequeno e leve, e com duração de voo até 10 minutos. Devido às reduzidas dimensões do drone, não tinha capacidade para suportar a câmara pretendida, mas apenas máquinas da gama GoPro. Utilizou-se uma GoPro Hero+ Black Edition, apesar de não ser adequada para fotogrametria, devido à

deformação das lentes de olho de peixe. A qualidade das imagens captadas mostrou-se satisfatória para observação de pormenores construtivos. Optou-se por esta última solução, por questões de segurança.



Figura 3: Dois drones testados para o levantamento fotográfico

Trabalho de campo

Para planeamento do trabalho de campo efetuaram-se várias deslocações ao local, para reconhecimento do mosteiro e sua envolvente, para aferição das condicionantes logísticas e recursos disponíveis. Foram selecionados os locais para colocação dos alvos topográficos na fachada e definidos os locais para voo do drone.

O trabalho de campo teve a duração de um dia e decorreu no mês de Março de 2016. As condições de luz não eram as ideais devido à forte intensidade de luz solar incidente na fachada.

A fachada da igreja do Mosteiro de Alcobaça corresponde a uma área de aproximadamente 870,00 m², 25m de largura por 42m de altura (Figura 4).

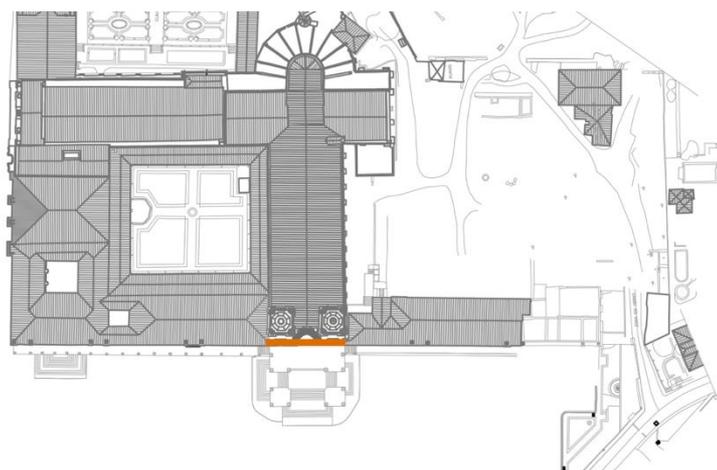


Figura 4: Planta do Mosteiro de Alcobaça, com localização da zona levantada

Levantamento Fotográfico

O levantamento fotográfico foi realizado com drone e máquina fotográfica GoPro Hero+ Black Edition, com uma distância focal de 2.77mm.

Realizou-se um total de quinze voos a partir de cinco estações pré-definidas: três estações a distância aproximada de 3,00m e 6,00m da fachada, e duas estações mais afastadas a 12,00m, para fotografias de enquadramento geral (Figura 5). A partir de cada estação, o drone efetuou três voos no sentido vertical, captando fotografias convergentes (paralelas e oblíquas em relação à fachada) para obtenção de imagens com sobreposição de pontos homólogos (Figura 6).

Foram captadas um total de 2920 imagens, com resolução de 3000x2250px, e seleccionadas 844 imagens para a produção do modelo.

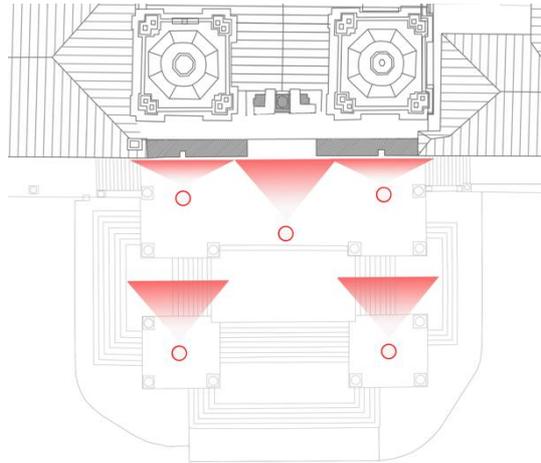


Figura 5: Localização de cinco estações para voo do drone.



Figura 6: Levantamento fotográfico com diferentes orientações da máquina em relação à fachada (imagens convergentes).

Levantamento Topográfico

Foi materializado um conjunto de oito alvos topográficos (pontos de controle), localizados de forma dispersa na fachada, em locais facilmente identificáveis nas fotografias (Figura 7). Os pontos de controle não são fixos mecanicamente à fachada, mas com material aderente facilmente removível. O levantamento topográfico foi efetuado com uma estação total, a partir de estações topográficas já existentes no local, trabalho desenvolvido pela DGPC.



Figura 7: Localização dos pontos de controle

Processamento de dados e restituição gráfica

Para processamento de dados foi utilizado um computador portátil Asus, com memória DDR3L MHz SDRAM de 32 GB, processador Intel Core i7 4860HQ, placa gráfica NVIDIA GeForce GTX980M de 4 GB e sistema operativo Windows 8.1 de 64bits.

Foram utilizados os *softwares* Visual SFM, Agisoft PhotoScan, MeshLab e AutoCad.

Os *softwares* fotogramétricos Visual SFM e Agisoft PhotoScan, operam no sistema SFM (Structure From Motion), que consiste num processo de recolha de informação sobre o objeto, através da visualização de várias perspetivas, possibilitando a criação de modelos 3D através de nuvem de pontos, construídas a partir de fotografias digitais [LOPES, 2013]. Primeiro foi utilizado o *software* Visual SFM, *software* gratuito disponível online.

O processamento das imagens fotográficas é feito automaticamente. Primeiro decorre a reconstrução esparça de nuvens de pontos, seguindo-se a reconstrução densa de nuvens de pontos. A reconstrução densa da geometria a partir de múltiplas imagens é feita através da metodologia MVS (Multi View Stereo). Tradicionalmente o processamento de imagens fotográficas era feito de forma manual, onde tanto a calibração da câmara fotográfica como a identificação dos pontos homólogos nas várias imagens era feito pelo operador.

Importação e orientação das imagens

A primeira fase do trabalho consiste na importação e seleção das imagens fotográficas.

Após a importação das imagens, procede-se à orientação das imagens, a partir das quais se consegue obter o modelo tridimensional.

A orientação interna consiste na reprodução do posicionamento da fotografia, que identifica o centro de projeção de cada uma das imagens.

A orientação externa faz a relação entre a posição e orientação da camara, de forma a obter as direções de cada um dos pontos.

Na orientação relativa são estimadas as posições relativas entre as câmaras, localizando-as em relação ao objeto. O programa cria um sistema de triangulação que permite efetuar a modelação do objeto, reconstruindo-o tridimensionalmente com nuvem esparça de pontos (Figura 9).

Este processo teve a duração de 3 horas.

Após a reconstrução esparça de nuvem de pontos pode proceder-se à reconstrução densa de nuvem de pontos. Neste caso procedemos primeiro à orientação absoluta, para georreferenciação e obtenção do modelo à escala.

Orientação absoluta

A orientação absoluta posiciona o conjunto de feixes perspéticos (formados durante a orientação relativa) de forma a estabelecer a posição correta do modelo em relação ao terreno. Permite efetuar medições do objeto a uma determinada escala.

Foram processados os dados topográficos, as coordenadas (x, y, z) dos pontos de controle e identificados os oito pontos levantados da fachada (quadro 1). A identificação é manual, cada ponto deve ser identificado em pelo menos três imagens. Neste caso cada ponto foi identificado em quatro imagens.

Os resultados obtidos da orientação absoluta não foram satisfatórios em ambos os *softwares*. Foi detetado um erro de 0.354 m no Visual SFM (quadro 2) e 0,34m no Agisoft PhotoScan

Analisadas as possíveis causas de erro, concluiu-se que estava relacionado com a deformação originada pela lente de grande angular da câmara fotográfica (Figura 8). Não se efetuou a calibração da máquina no Agisoft PhotoScan, para comparação dos *softwares*. Apesar do erro, demos continuidade ao trabalho para avaliar todo o processo e os resultados.

Quadro 1: Coordenadas (x, y, z) dos oito pontos de controle.

-8,477	22,136	36,882	Pináculo Norte
-9,588	9,578	36,927	Pináculo Sul
2,776	22,246	37,9	fachada da Igreja a norte do portal
1,488	7,603	37,895	fachada da Igreja a sul do portal
4,039	18,735	49,663	fachada da Igreja a norte da rosácea
3,340	10,783	49,808	fachada da Igreja a sul da rosácea
5,053	23,459	59,279	fachada da Igreja Torre Sul
3,524	6,009	59,278	fachda da Igreja Torre Norte

Quadro 2: Resultado obtido da orientação absoluta

```

Current transformation X' = S * R * X + T:
S =      1.149549165637
R =      0.99999847 0.00151305 -0.00088116
        -0.00151209 0.99999827 0.00108290
        0.00088280 -0.00108157 0.99999903
T =      -0.015906239979
        -2.309806082090
        -6.851276326175

-----
[Transformed points] [User coordinates]
3.7991 6.2570 59.2358      3.524 6.009 59.28
5.2653 23.1782 59.0424    5.053 23.46 59.28
3.1127 10.8656 49.9416    3.34 10.78 49.81
3.7863 18.6338 49.7597    4.039 18.73 49.66
2.8996 22.2310 38.2378    2.776 22.25 37.9
1.5969 7.6521 38.0772     1.488 7.603 37.9
-8.5670 22.5052 36.6611   -8.477 22.14 36.88
-9.7379 9.2261 36.6764    -9.588 9.578 36.93

-----
8 points used to estimate the transformation.
Root of mean squared error = 0.363679
Mean absolute error = 0.354615
    
```



Figura 8: Imagem captada com lente de grande angular

Reconstrução de nuvem de pontos

Após a orientação relativa, é reconstruído de forma automática, uma primeira nuvem de pontos esparça, na ordem dos milhares (Figura 9) e uma segunda nuvem de pontos densa, na ordem dos milhões. Esta última torna o modelo tridimensional extremamente detalhado em pontos, que permite uma leitura com boa definição.

Procedeu-se à reconstrução densa de nuvem de pontos na qualidade máxima, após a orientação absoluta.

O procedimento teve a duração de 13 horas no Visual SFM. O modelo não apresentou distorção, mas ficou incompleto, observando-se diversas lacunas, notória no torreão sul (Figura 10).

Procedeu-se à reconstrução da nuvem densa de pontos no programa Agisoft PhotoScan e obteve-se um modelo muito mais uniforme e detalhado. O processo durou 384 horas, ou seja, 16 dias. O resultado final foi bastante satisfatório, obedecendo aos requisitos necessários de visualização de pormenores e juntas da alvenaria de pedra. Foi utilizado este último modelo para produção de orto-imagem e desenhos bidimensionais. Nas figuras 11b e 12b podemos observar o

modelo em fase de processamento e o resultado final.

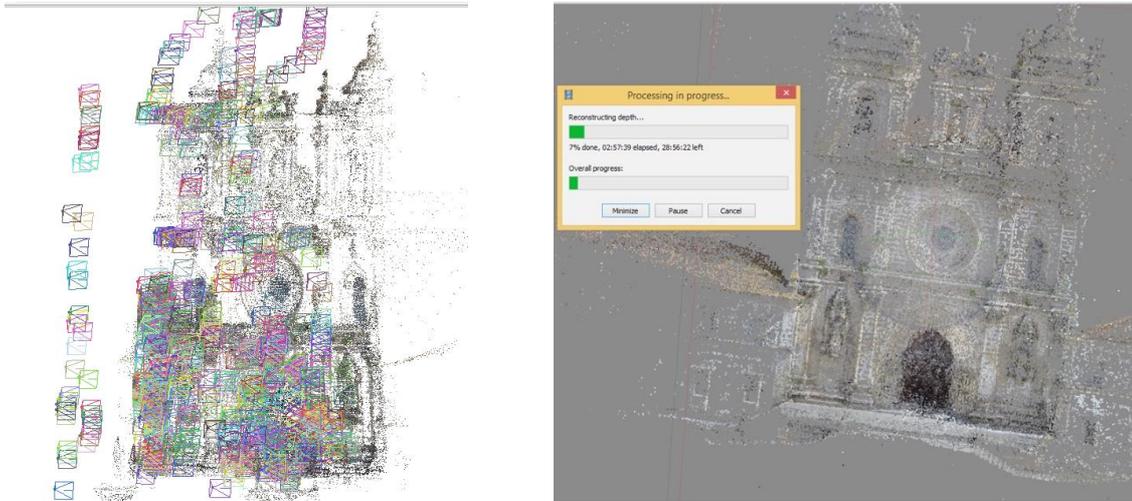


Figura 9: Orientação externa e modelo de nuvem esparça de pontos (esquerda). Reconstrução de nuvem densa de pontos, em execução (direita).



Figura 10: Reconstrução densa de nuvem de pontos no Visual SFM (a) e no Agisoft PhotoScan (b)

Produção de orto-imagem

Posteriormente à reconstrução da nuvem densa de pontos produzida no Agisoft PhotoScan, procedeu-se à sua exportação e importação para o *software* MeshLab, para ser gerada a orto-imagem.

Foi importado o ficheiro “obj.” referente à nuvem de pontos produzida no APS. O modelo não se encontrava devidamente orientado. Calculou-se o ângulo e fez-se a rotação, para orientação do modelo segundo os eixos X,Y,Z (Figura 11a).

Efetuiu-se uma limpeza da nuvem de pontos, que consistiu na eliminação de pontos criados, referentes à envolvente e desnecessários ao nosso modelo.

Procedeu-se à exportação do modelo e produção da orto-imagem. Para esta foi definida uma dimensão de 9933 x 14043 pixels, e o formato de imagem “png”.

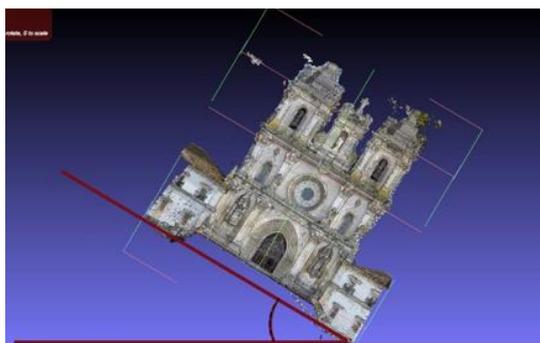


Figura 11: Modelo importado para o MeshLab (a) e orto-imagem exportada (b).

Restituição gráfica

A última etapa do trabalho consiste na importação da orto-imagem extraída da nuvem de pontos para o *software* AutoCad, para a restituição.

Sobre pôs-se a orto-imagem ao levantamento arquitetónico da fachada fornecido pela DGPC (Figura 12a), verificando-se uma diferença de 0,16m na largura e de 0,6m na altura. Considerou-se esta diferença pouco significativa para o fim pretendido, de registo de juntas para mapeamento de anomalias e medições de trabalhos de Conservação.

Sobre a orto-imagem desenhou-se a estereotomia da pedra numa nova layer (Figura 12b).

Conseguiu-se observar a quase totalidade das juntas, contudo, devido às condições de luminosidade referidas durante o levantamento, havia zonas sem leitura dos pormenores, a completar posteriormente com levantamentos complementares.



Figura 12: Desenho fornecido pela DGPC (a) e desenho final com a esterotomia da pedra (b)

Considerações Finais

O levantamento fotogramétrico efetuado da fachada da igreja do Mosteiro de Alcobaça, permitiu testar e comparar dois *softwares* fotogramétricos, assim como avaliar a sua aplicabilidade na produção de peças gráficas do Projeto de Conservação.

Verificou-se que os dois programas, o Visual SFM e o Agisoft PhotoScan são similares, relativamente ao método de processamento de dados e ao erro obtido após a orientação absoluta. O erro deveu-se à deformação da imagem provocada pela lente fotográfica utilizada, de muito pequena distância focal.

Os resultados confirmam a necessidade de um bom equipamento fotográfico e calibração da máquina fotográfica, de forma a minimizar os erros e melhorar a observação de pormenores construtivos e anomalias. Tratando-se de um estudo académico, o levantamento esteve condicionado ao equipamento disponível.

A reconstrução densa de nuvem de pontos do modelo produzido pelo Visual FM apresentou diversas lacunas, enquanto o modelo produzido pelo Agisoft PhotoScan permitiu a observação de detalhes. No entanto algumas juntas e as anomalias não foram identificadas, carecendo de levantamento complementar. Este problema deveu-se sobretudo à forte incidência de luz na fachada, no momento do levantamento.

Foi utilizado o modelo com melhor definição para produção da orto-imagem e restituição. Todas as juntas visíveis foram desenhadas sobre a orto-imagem. Sobrepondo a imagem ao alçado fornecido pela DGPC, verificou-se uma diferença em x e y pouco significativa para o fim pretendido. Conclui-se que o levantamento fotogramétrico desenvolvido foi eficaz para visualização do modelo 3D e registo de pormenores construtivos necessários à documentação gráfica do Projeto de Conservação.

Agradecimentos

Agradecemos à DGPC, nomeadamente ao Arq. João Seabra Gomes, ao Arq. Ângelo Silveira, à Dra. Ana Pagará, pelo fornecimento do desenho da fachada, levantamento topográfico, e todo o apoio logístico necessário; ao CIAUD da FA-ULisboa, nomeadamente ao Professor Dr. Vítor Ferreira, pela disponibilidade prestada no acompanhamento do trabalho de campo e ensinamento dos programas fotogramétricos; ao IT-IUL, nomeadamente ao Professor Dr. Pedro Sebastião e seus alunos António Raimundo e Diogo Peres, pela disponibilização dos drones e máquina fotográfica, colaboração na execução dos testes preliminares e levantamento fotográfico.

Referências bibliográficas

BASTIAN, Andrea Verri. (2013). *Uma Discussão sobre Técnicas Baseadas em Imagens para Levantamento de Edificações*. <https://www.researchgate.net/publication/266142527>. 12-06-2016.

English Heritage. (2006). *Understanding Historic Buildings: A Guide to Good Recording Practice*. London. English Heritage.

FERREIRA, Carlos Antero. (1985). *A Ciência Fotogramétrica ao serviço do Inventário e Conservação do Património Arquitectónico e Arqueológico*. Lisboa: Instituto Geográfico e Cadastral.

LOPES, Pedro Miguel Mónica. (2013). *Modelação a partir de dados laser para reconstituição arquitetural*: Observatório Astronómico da Escola Politécnica. Universidade de Lisboa: Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia.

MATEUS, Luís Miguel Cotrim. (2012). *Contributos para o Projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação: Uma metodologia baseada na Fotogrametria Digital e no Varrimento Laser 3D Terrestres*. [s.n.]. Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.

RAMÍREZ, Rodrigo Orellana. (2006). Apuntes de Fotogrametría. http://www.cartografia.cl/download/apuntes_fotogrametria.pdf. 03-02-2016.

STYLIANIDIS, Efstratios; PATIAS, Petros; QUINTERO, Mario Santana. (2007 & 2009). CIPA

HERITAGE DOCUMENTATION, BEST PRACTICES AND APPLICATIONS. Athens & Kyoto: CIPA, Serial
VALENÇA, Jónatas Miguel de Almeida; JÚLIO, Eduardo Nuno Brito Santos; ARAÚJO, Helder de
Jesus. (2006). *Aplicações de Fotogrametria em Engenharia Civil*.
[http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/RREst/Aulas_Apresentacoes/07_Bibliografia/inspeccao%20\(inspection\)/NM_10.pdf](http://www.civil.ist.utl.pt/~cristina/RREst/Aulas_Apresentacoes/07_Bibliografia/inspeccao%20(inspection)/NM_10.pdf). 24-01-2016.