

O USO DA TÉCNICA DENSE STEREO MATCHING PARA A DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DE LAGUNA

The Use of Dense Stereo Matching Technique for the Documentation of Laguna's Built Heritage

Douglas Emerson Deicke Heidtmann Júnior
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Educação Superior da Região Sul - CERES
R. Coronel Fernandes Martins, n270, Progresso, Laguna - SC
douglasemerson@gmail.com

Gabriela Linhares da Silva
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Educação Superior da Região Sul - CERES
R. Coronel Fernandes Martins, n270, Progresso, Laguna - SC
gabils.arq93@gmail.com

Jordano Gris
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Educação Superior da Região Sul - CERES
R. Coronel Fernandes Martins, n270, Progresso, Laguna - SC
jjor_griss@hotmail.com

Vinícius Brandelero Gomes
Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Educação Superior da Região Sul - CERES
R. Coronel Fernandes Martins, n270, Progresso, Laguna - SC
vinibrangomes@hotmail.com

Resumo:

Este trabalho tem por objetivo o emprego da fotogrametria digital e suas potencialidades para o levantamento e documentação do patrimônio edificado. Busca adaptar as técnicas e metodologias aprendidas na Europa, a partir dos recursos disponíveis no Laboratório de Preservação do Patrimônio da UDESC e por meio de práticas realizadas na cidade de Laguna, Santa Catarina. O estudo tem ênfase na tecnologia *Dense Stereo Matching (DSM)* e a viabilidade de seu uso na cidade, de maneira a proporcionar uma maior variedade de documentos gráficos com precisão e detalhes, a partir de um *software* acessível e de fácil utilização. Foram gerados modelos tridimensionais foto-realistas de algumas edificações do centro histórico, em diferentes condições de levantamento fotográfico e diferentes linguagens arquitetônicas, onde foram comparados os resultados e identificados possíveis problemas e soluções no processo e limitações do *software*. A análise dos resultados obtidos demonstra que o emprego da tecnologia DSM possibilita um registro realista das edificações, gerando tipos diferentes de documentação, e facilita o levantamento arquitetônico, servindo de auxílio ao método tradicional. A aplicação da técnica mostrou-se viável para todas as edificações levantadas, inclusive as de maior complexidade, como as ecléticas. Demonstra também que fatores físicos e climáticos interferem diretamente nas fotografias e, por conseguinte, na qualidade dos modelos, tornando necessário o uso de técnicas auxiliares e o constante estudo de novas tecnologias que visam aprimorar o procedimento.

Palavras-chave: Fotogrametria Digital; *Dense Stereo Matching*; Documentação do Patrimônio.

Abstract

The purpose of this work is to showcase the use of digital photogrammetry and its potential for surveying and documenting the built environment. It seeks to improve upon the techniques and methodologies learned in Europe, by incorporating the use of resources available in the Heritage Preservation Laboratory of UDESC and through practices implemented in the city of Laguna, Santa Catarina. The study focuses on Dense Stereo Matching (DSM) technology and the feasibility of using it in an urban environment, in order to provide greater precision and detail in graphic documents through the use of accessible and user-friendly software. Three-dimensional photo models were generated for some buildings, located in the historical center, under different conditions of photographic survey and different architectural languages. The results were compared and possible problems and solutions were identified in the process and limitations of the software. The analysis and findings show that the use of DSM technology allows a more realistic registration of the buildings, generates different types of documentation, and facilitates the architectural survey, serving as an aid to the traditional method. The application of the technique proved feasible for all buildings analyzed, including those of greater complexity, such as the eclectic ones. It also demonstrated that physical and climatic factors interfere directly with the photographs and, therefore, the quality of the models, thus making it necessary to use auxiliary techniques and the constant study of new technologies that aim to improve the procedure.

Keywords: Digital Photogrammetry; Dense Stereo Matching; Documentation of built heritage.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta parte da pesquisa desenvolvida no Laboratório de Preservação do Patrimônio (LABPPAT), do curso de Arquitetura e Urbanismo, na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), que busca melhorar as técnicas tradicionais de levantamento realizadas na cidade de Laguna por meio da fotogrametria arquitetônica. Tem como objetivos: o estudo e aplicação de métodos fotogramétricos para a documentação gráfica de fachadas do Centro Histórico de Laguna, apresentar exemplos práticos de sua utilização na preservação do patrimônio, verificar a viabilidade dos métodos para o levantamento de diferentes linguagens arquitetônicas, estudar *software* de restituição fotogramétrica simples e de fácil acesso e demonstrar como os produtos gerados podem auxiliar no processo de registro de edificações de interesse histórico e cultural, além da possibilidade de utilização prática da técnica estudada pelos acadêmicos da UDESC, pelo Escritório Técnico do IPHAN presente no município e por profissionais da área.

A documentação do patrimônio edificado é uma ferramenta imprescindível não só para a proteção do mesmo, mas também para a sua melhor compreensão, preservação da memória e registro das ações e modificações que acontecem com o passar do tempo, que podem contribuir para o processo de conservação (BASTIAN, 2015, p.24). Além de servir como base para a elaboração de projetos de intervenção e restauro, permitem uma leitura detalhada do edifício, resguardando-o antes que seja perdido ou permanentemente alterado. É por meio da documentação que se irá garantir a autenticidade do bem patrimonial, que traz consigo as peculiaridades e heranças de várias gerações, que devem ser mentidas em seu caráter original (ZUCATELLI, LOCH E WATASHI, 2017, p.5). E é, principalmente, por meio do levantamento que ocorre essa documentação, gráfica ou não gráfica, e que deve buscar ser o mais precisa e realista possível.

Por conseguinte, o levantamento arquitetônico é descrito como o registro, preciso e

detalhado, dos elementos significativos, que se fazem indispensáveis à caracterização e ao reconhecimento da edificação (GROETELAARS, 2004, p.11). Trata-se, portanto, de um registro completo, que contenha volumetria, medidas, cores, texturas, detalhamentos construtivos e de ornamentos, mapeamento de danos e qualquer outra informação necessária para a compreensão da singularidade do exemplar arquitetônico. Em consequência das irregularidades e da complexidade das edificações históricas, os métodos de documentação tradicionais acabam tornando-se limitados e impossibilitando a realização de um levantamento adequado.

Assim, se cria uma recorrente dificuldade na execução de projetos. As falhas encontradas na documentação, como insuficiência ou inexistência de informações, falta de precisão dos dados e dificuldade em compreender os materiais que levam a registros incompletos e interpretações incorretas, prejudicando tanto a etapa projetual quanto a de conservação. Em Laguna, o método de levantamento utilizado tem sido o tradicional, feito manualmente com uma trena, levando a uma série de obstáculos que geram uma documentação inverídica, além da pouca variedade de produtos finais.

O uso da fotogrametria digital para a documentação e levantamento de monumentos históricos é, segundo Bastian (2015), comprovadamente, uma das ferramentas mais utilizadas. Além de ser uma técnica de baixo custo e rápida aplicação, permite obter, como resultado final da documentação, uma grande variedade de produtos, como modelos tridimensionais e ortofotos realistas, além dos desenhos e medidas precisas (GROETELAARS E AMORIM, 2004, p.1). Destaca-se também a vantagem de se obter informações de forma indireta, sem a necessidade do contato físico com a edificação, viabilizando o levantamento nos casos em que antes não seria possível.

Este artigo tem como foco o uso da técnica fotogramétrica *Dense Stereo Matching (DSM)*, que trabalha com o processamento digital de imagens fotográficas, correlacionando os *pixels* e formando nuvens de pontos, com as quais é possível obter subprodutos, como malhas poligonais tridimensionais e ortofotos, no próprio *software* de *DSM*, ou desenhos, modelos geométricos, modelos BIM e animações, mediante a realização do pós-processamento adequado (BRITO, GROETELAARS E AMORIM, 2012, p.2). Foram gerados neste trabalho diversos produtos gráficos e não gráficos, tendo como objetivo a comparação dos resultados obtidos em diferentes condicionantes de levantamento e comprovar a viabilidade prática da técnica para as diferentes linguagens arquitetônicas existentes na cidade de Laguna.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DE LAGUNA

Localizada na região Sul, no litoral do estado de Santa Catarina, Laguna é considerada uma das cidades mais antigas do Brasil e resguarda um conjunto edificado de diferentes períodos e linguagens arquitetônicas (Figura 1). A cidade foi fundada em 1676, tendo quase 350 anos de história e cultura, que refletem diretamente na configuração especial do centro histórico e suas edificações. Foi palco de revoluções e movimentos políticos, tendo grande participação na história do país, trazendo até hoje a memória de diversos personagens.

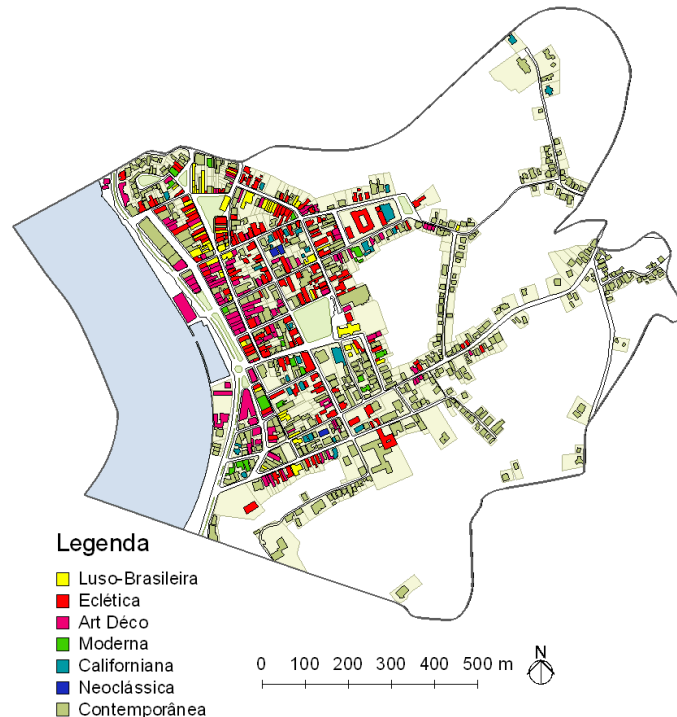


Figura 1 – Mapa da Poligonal de Tombamento do Centro Histórico de Laguna
Fonte: *Heidtmann et al*, 2017.

Laguna teve seu centro histórico salvaguardado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1985, através do tombamento, onde foi instituída uma poligonal com cerca de 700 imóveis. Apresenta uma implantação incomum que difere de outros centros de interesse histórico, uma vez que possui duas praças principais, dividindo de maneira simbólica os poderes político e religioso, representados pelas edificações da Igreja Matriz e da antiga Casa de Câmara e Cadeia (HEIDTMANN *et al*, 2017, p.4).

3. FOTOGRAMETRIA DIGITAL

A fotogrametria é uma técnica de restituição que surgiu com base na geometria descritiva e permite extrair, de imagens fotográficas, diversas informações, como formas, dimensões, cores e texturas. De acordo com Brito e Coelho (2007), seu conceito pode ser descrito como a ciência e tecnologia de se obter informações e dados confiáveis por meio de imagens. É uma técnica que trabalha com a relação e propoção entre objeto real e a fotografia, possibilitando extrair das mesmas a geometria dos objetos com precisão, além de permitir o registro de informações importantes que não se pode obter pelo método tradicional, como cores, texturas e o mapeamento preciso dos danos.

O método de levantamento fotogramétrico apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais, como o manual, principalmente para edificações de grandes dimensões e complexidade, uma vez que permite a obtenção de inúmeros dados e medidas à curta distância (GROETELAARS, 2004, p.33). Com o registro preciso dos edifícios é possível obter detalhes de

todas as imperfeições, danos e modificações, além de proporcionar a visualização de um modelo tridimensional e realista.

Dentre as diversas técnicas de fotogrametria existentes, optou-se para este trabalho utilizar a tecnologia *Dense Stereo Matching (DSM)*, que consiste, segundo Groetelaars e Amorim (2012), no reconhecimento dos conjuntos de *pixels* iguais, chamados homólogos, em diferentes imagens, que por meio da associação desses conjuntos geram um modelo tridimensional formado por “nuvem de pontos” ou por malhas triangulares irregulares. O processo é feito de forma automatizada pelo *software* escolhido, onde o mesmo funciona com a “[...] obtenção das coordenadas tridimensionais de pontos contidos na superfície dos objetos fotografados, gerando assim, o modelo geométrico de nuvem de pontos”. (GROETELAARS E AMORIM, 2012, p.361). Para tornar possível essa correlação automática, é necessário que uma parte do objeto apareça em, pelo menos, três fotografias consecutivas.

O modelo de nuvem de pontos, ou malhas triangulares, é o produto base obtido através da tecnologia DSM, representado por coordenadas cartesianas e componentes RGB, associados às cores captadas nas fotografias (BRITO, GROETELAARS E AMORIM, 2012, p.2). A partir disto, é possível obter diversos subprodutos, como ortofachadas, vídeos, desenhos bidimensionais, entre outros. Também é possível exportar a nuvem de pontos para outros *software* e trabalhar com modelos BIM. São inúmeras as possibilidades de documentação que se pode gerar a partir do modelo tridimensional foto realista, além do registro fidedigno do patrimônio edificado e o baixo tempo de execução e custo da técnica.

4. METODOLOGIA

Para a aplicação da tecnologia DSM foi realizada uma revisão bibliográfica, que consistiu na análise teórica e documental dos temas fundamentais para o desenvolvimento do trabalho, que envolveram os conceitos e aplicações da fotogrametria e o funcionamento dos *software* a serem utilizados. Adotou-se a metodologia descrita por Groetelaars e Amorim (2012), que divide o levantamento em quatro etapas: planejamento, aquisição de dados, processamento e pós-processamento. Em relação aos equipamentos, foram utilizados: uma câmera fotográfica *Canon EOS 1200D* de 18-55mm (aquisição de dados), os *software Autodesk Recap Photo* (processamento de dados) e *Autodesk AutoCAD* (pós-processamento) e outras ferramentas auxiliares, como pontos de controle e trenas manuais.

4.1. Análise e Planejamento

Na etapa de planejamento foram analisadas as principais edificações do centro histórico de Laguna e selecionadas as que seriam objeto de estudo, abrangendo exemplares de diferentes linguagens arquitetônicas (Figura 2). Como critério de seleção, buscou-se eleger casas em que houvesse o espaço mínimo necessário na via pública para a tomada fotográfica adequada e que se localizassem em regiões de menor fluxo de veículos, devido à frequente presença de carros em frente às fachadas. Buscou-se também selecionar casas com maior quantidade de ornamentos ou danos, de modo a verificar a precisão e qualidade do modelo final.



Figura 2 – Edificações selecionadas para o estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4.2. Aquisição de Dados

Esta etapa constitui-se na fase de levantamento fotográfico e aquisição de algumas medidas de referência para que seja possível, posteriormente, colocar o modelo em escala e verificar a precisão do mesmo. As saídas de campo foram organizadas, primeiramente, em duas, conforme as condicionantes climáticas: dia nublado e dia de sol. Após as análises desses resultados e identificadas as falhas nos modelos, foi realizado um terceiro levantamento, em dia nublado, utilizando-se de novas estratégias para a possível correção dos problemas gerados. Devido às limitações da versão gratuita do *software* utilizado, foram estipuladas as quantidades de fotografias a serem levantadas por edificação, sendo necessário o mínimo de 20 fotos para criar o modelo, e o valor máximo de 100 fotos. As fotos foram tomadas em sequência, o mais ortogonal possível em relação às fachadas e buscando cobrir uma mesma parte da edificação em, no mínimo, três imagens, utilizando-se a distância média de um passo para cada foto (Figura 3).

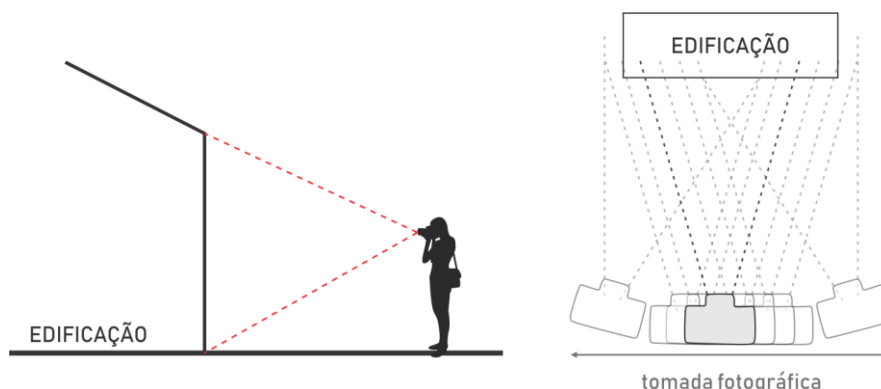


Figura 3 – Posicionamento para o levantamento fotográfico.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4.3. Processamento e Pós-processamento de dados

A primeira etapa corresponde à inserção das fotografias realizadas no *software Autodesk Recap Photo* (Figura 4), onde as mesmas são processadas automaticamente pelo programa, gerando uma malha triangular irregular e formando um modelo tridimensional (Figura 5). Para cada edificação foram inseridas uma quantidade diferente de imagens, sempre entre 20 e 100 fotografias. Para os levantamentos realizados em dias de sol, foram eliminadas as fotos que apresentaram interferência do raio solar, sem prejudicar a sequência. Nas casas com maior número de detalhes, como ornamentos e danos, foram selecionadas um maior número de imagens.

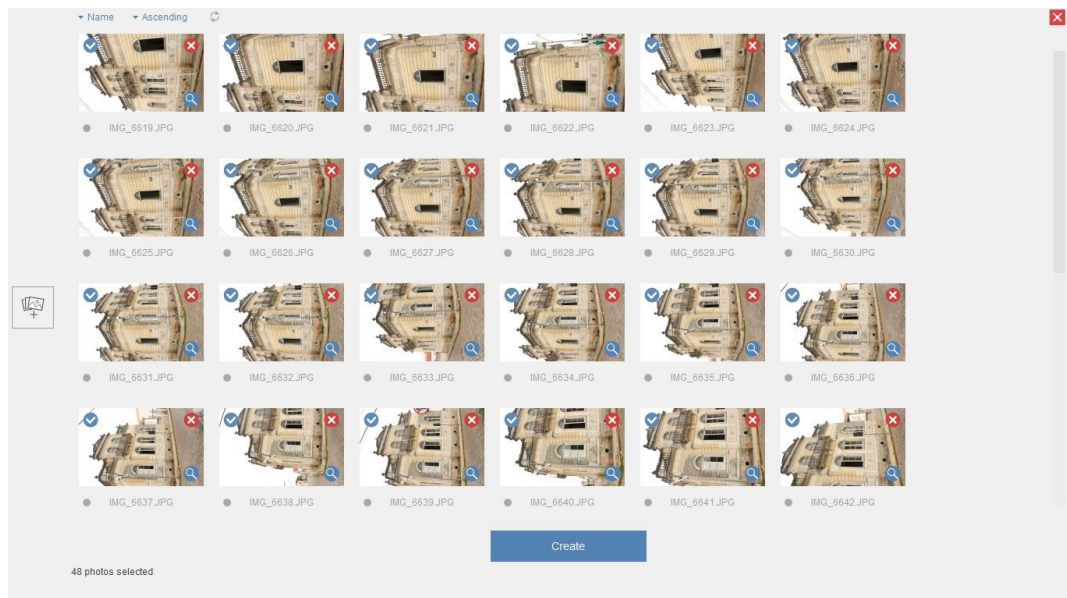


Figura 4 – Interface do *software Recap Photo* – Inserção das fotografias.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

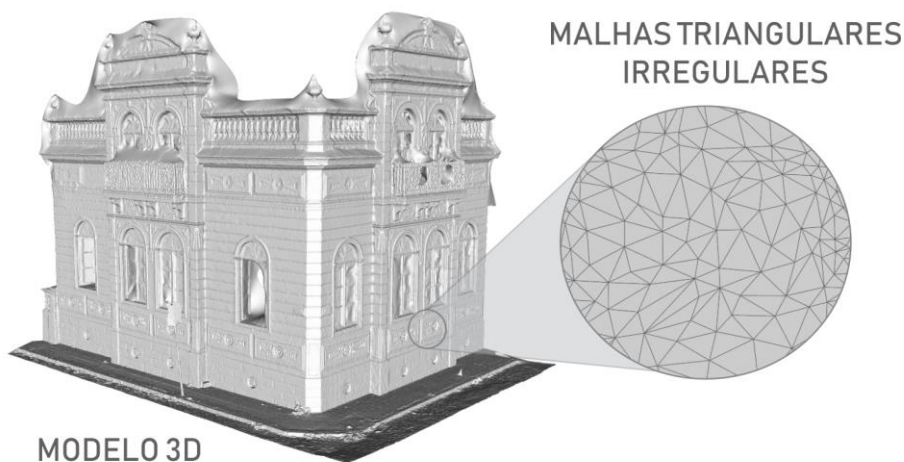


Figura 5 – Modelo tridimensional formado pelas malhas triangulares.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O *software* permite que o modelo seja editado, sendo possível excluir partes desnecessárias ou que não tenham sido bem formadas, além de fornecer ferramentas de reparo de superfície. Para as edificações selecionadas neste estudo, foram eliminados os elementos referentes às edificações vizinhas, placas de trânsito presentes nas calçadas e pedaços do céu (no caso dos modelos gerados com fotos em dias de sol). Devido à falta de precisão das ferramentas de seleção, não foi executada a limpeza em alguns modelos, onde a mesma prejudicaria a visualização e composição da fachada.

Através da ferramenta *compare two models*, foi possível comparar o modelo 3D feito com fotografias em dia nublado e o modelo 3D feito com fotografias em dia de sol (Figura 6). Com a sobreposição das malhas, torna-se visível as imperfeições e deformações de cada um, possibilitando uma análise mais completa dos resultados. Os modelos são texturizados com as próprias fotografias inseridas, tendo como resultado o fotorrealismo.



Figura 6 – Ferramenta *compare two models* do *software Recap Photo*.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Em seguida das confecções dos modelos tridimensionais, originaram-se fachadas ortogonais (ortofachadas) através da ferramenta Orthographic Projection (Projeção Ortográfica), a qual permite a visualização do modelo criado em uma vista bidimensional, que pode ser exportada nos formatos PNG e JPG.

Na fase de pós-processamento, após a produção dos modelos tridimensionais e suas respectivas ortofachadas no *software Recap Photo*, foram realizadas as vetorizações das mesmas para originar desenhos métricos bidimensionais e possibilitar uma documentação mais técnica dos edifícios históricos estudados. Nesta etapa foram exportadas as ortofachadas do *Recap Photo* em formato PNG e inseridas no *software AutoCAD*, onde foi possível desenhar sobre a imagem, seguindo, minuciosamente, os ornamentos, detalhes e patologias das edificações (Figura 7). Com os comandos *Scale* (escala) e *Align* (alinhamento) foi possível colocar o desenho em escala, a partir das medidas de referência já conhecidas. Como resultado final, obteve-se um desenho detalhado da edificação.



Figura 7 – Processo de vetorização da ortofoto.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Atrvés da ortofachada, foi possível vetorizar os danos de maiores dimensões presentes nas edificações, como trincas, rachaduras, manchas de umidade, material desprendido e até mesmo partes da própria estrutura aparentes. Utilizando os comandos *Line* (linha) e *Spline* (curva formada por dois pontos ou mais) pode-se desenhar facilmente sobre as deteriorações, e assim representar nitidamente as marcas causadas pela ação do tempo e pela má conservação. Quando necessário, para uma pesquisa e documentação mais aprofundadas acerca das danificações, pode-se confeccionar, também, um mapa de danos, a partir da vetorização ou da própria ortofachada.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para cada modelo tridimensional produzido foi elaborado um relatório contendo uma análise detalhada do resultado, onde foram descritas as deformações identificadas nos modelos, as partes que apresentaram melhores resultados e as que apresentaram falhas, a quantidade de fotos e equipamentos utilizados, condições de levantamento e outras informações relevantes. Desta maneira, foi possível identificar a provável causa das imperfeições e buscar ferramentas que pudessem auxiliar na correção desses problemas, como pontos de controle.

Nas edificações que possuíam uma fachada mais alta, nota-se a presença de falhas na parte superior, uma vez que as fotos foram tiradas no nível da rua a uma curta distância. Já nas partes inferiores os modelos apresentaram boa formação e texturização. Identificou-se, em quase todos os modelos, deformações nas janelas e partes onde haviam vidro e grades, que não foram possíveis corrigir com o uso de pontos de controle. Problemas de profundidade também foram encontrados devido às janelas abertas (Figura 8). Os modelos com fotografias em dia de sol, em

que houve interferência dos raios solares, indicaram grandes deformações, enquanto outros apresentaram sombras nas fachadas (Figura 9). Também prejudicam a leitura da edificação e o levantamento adequado das cores e texturas.

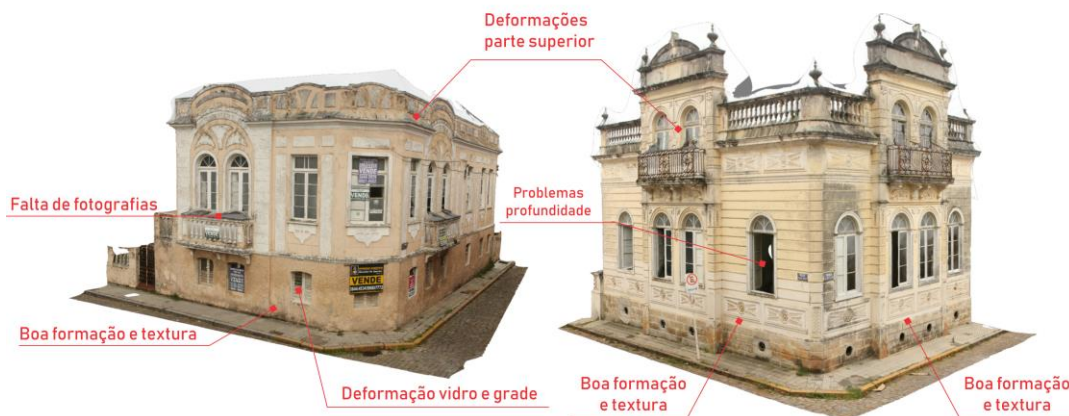


Figura 8 – Modelos 3G gerados no *Recap Photo* – dia nublado.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

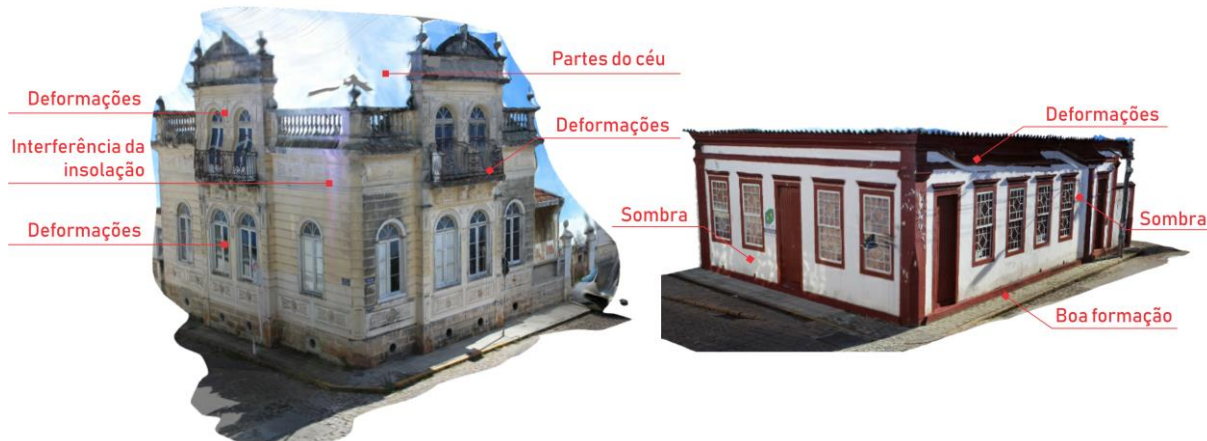


Figura 9– Modelos 3G gerados no *Recap Photo* – dia de sol.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para as edificações que apresentavam grande reflexividade nos vidros, foram inseridas no *software* uma maior quantidade de fotos, abrangendo as partes reflexivas em pontos mais próximos e ângulos diferentes. Para superfícies muito uniformes foram utilizados pontos de controle, inseridos nas fachadas, para que seja possível o reconhecimento dos *pixels* homólogos. Os pontos de controle resolveram as deformações de superfície e esquadrias de madeira, porém não interferiram nas deformações de vidros e grades (Figura 10).



Figura 10– Fachadas com a correção da reflexividade e o uso de pontos de controle.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Ao fim, foi elaborado um resumo dos resultados finais obtidos, para dias de sol (Figura 11) e dias nublados (Figura 12), relatando as dificuldades encontradas e problemas gerados. A qualidade dos modelos foi definida em bom (pouca ou nenhuma falha), razoável (relevante quantidade de falhas) e ruim (muitas falhas), conforme a quantidade de deformações geradas, texturização e proximidade com o edifício original.

Edificações	Linguagem Arquitetônica	Nº Fotos Utilizadas	Limpeza do modelo	Dificuldades Encontradas	Problemas Detectados	Qualidade dos resultados
Edificação 01	Luso-Brasileira	78	Realizada	Insolação e reflexos	Deformações: esquadrias, cimalha, região próxima ao telhado e placa na calçada.	Razoável
Edificação 02	Luso-Brasileira	62	Realizada	Reflexos	Leves deformações: esquadrias e região próxima ao telhado.	Bom
Edificação 03	Eclética	22	Não foi possível realizar	Insolação, altura da edificação e pouco espaço.	Deformações: esquadrias, corpo e coroamento, varanda e placas na calçada.	Razoável
Edificações 04, 05 e 06	Luso-Brasileira	33	Realizada	Reflexos, sombra e vegetação.	Leves deformações: esquadrias e região próxima ao telhado.	Bom
Edificação 07	Art déco	37	Não foi possível realizar	Insolação, altura da edificação e pouco espaço.	Deformações: esquadrias, região próxima ao telhado e superfícies.	Ruim
Edificação 08	Luso-Brasileira	87	Não foi possível realizar	Insolação, altura da edificação, carros estacionados, pouco espaço e presença de postes e canteiros.	Deformações: esquadrias, sacadas e região próxima ao telhado; presença de casas no entorno.	Ruim
Edificação 09	Luso-Brasileira	100	Realizada	Insolação, reflexos, pouco espaço, sombra e presença de postes e placas.	Deformações: esquadrias, cimalha e região próxima ao telhado; presença de casas no entorno.	Razoável
Edificação 10	Eclética	55	Realizada	Insolação, reflexos, sombra e presença de postes e placas.	Deformações: esquadrias, cimalha e região próxima ao telhado; presença de casas no entorno.	Razoável
Edificação 11	Luso-Brasileira	30	Realizada	Superfície uniforme	Leves deformações corrigidas com pontos de controle.	Bom
Edificação 12	Neoclássica	100	Não foi possível realizar	Altura da edificação, vegetação, pouco espaço e presença de postes e canteiros.	Deformações: esquadrias, região próxima ao telhado; ornamentos; sacada; superfície; frontão.	Ruim

Figura 11– Resumo do resultados finais obtidos – dia de sol.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Edificações	Linguagem Arquitetônica	Nº Fotos Utilizadas	Limpeza do modelo	Dificuldades Encontradas	Problemas Detectados	Qualidade dos resultados
Edificação 01	Luso-Brasileira	84	Realizada	Reflexos	Leves deformações: esquadrias e região próxima ao telhado.	Bom
Edificação 02	Luso-Brasileira	63	Realizada	Reflexos	Leves deformações: esquadrias e região próxima ao telhado.	Bom
Edificação 03	Eclética	72	Realizada	Altura da edificação e pouco espaço.	Leves deformações: esquadrias, corpo e coroamento e varanda.	Bom
Edificações 04, 05 e 06	Luso-Brasileira	36	Realizada	Reflexos e vegetação.	Leves deformações: esquadrias e região próxima ao telhado.	Bom
Edificação 07	Art decó	42	Não foi possível realizar	Altura da edificação e pouco espaço.	Deformações: esquadrias, região próxima ao telhado e superfícies.	Ruim
Edificação 08	Luso-Brasileira	74	Não foi possível realizar	Altura da edificação, carros estacionados, pouco espaço e presença de postes e canteiros.	Deformações: esquadrias, sacadas e região próxima ao telhado; presença de casas no entorno.	Ruim
Edificação 09	Luso-Brasileira	100	Realizada	Pouco espaço e presença de postes e placas.	Deformações na cimalha; fachadas marcadas pela presença de poste e placa.	Razoável
Edificação 10	Eclética	53	Realizada	Altura da edificação e presença de fio elétrico.	Leves deformações: esquadrias e regiões próximas ao telhado; varanda.	Bom
Edificação 11	Luso-Brasileira	32	Realizada	Superfície uniforme	Leves deformações corrigidas com pontos de controle.	Bom
Edificação 12	Neoclássica	100	Não foi possível realizar	Altura da edificação, vegetação, pouco espaço e presença de postes e canteiros.	Deformações: esquadrias, região próxima ao telhado; ornamentos; sacada; superfície; frontão.	Ruim

Figura 12– Resumo do resultados finais obtidos – dia nublado.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Pode-se perceber, pela análise de ambas as tabelas, que as fotografias realizadas em dias nublados obtiveram uma melhor resolução, possibilitando, assim, a geração de modelos tridimensionais com bons resultados. Nota-se que as partes próximas aos telhados foram as

regiões que mais apresentaram deformidades, em todos os modelos, uma vez que faltam fotos capturadas de um nível mais alto, como fotografias aéreas. As esquadrrias também apresentaram frequentes distorções devido aos reflexos dos vidros, que não puderam ser corrigidas com um maior número de fotos. A falta de espaço para a tomada fotográfica e a constante presença de carros prejudicou o desenvolvimento de bons modelos.

7. CONCLUSÕES

Laguna apresenta uma expressiva variedade de exemplares arquitetônicos, que muitas vezes acabam sofrendo danos pelas ações do tempo, falta de manutenção e descaracterização. A documentação do centro histórico mostra-se de extrema importância para a sua conservação e compreensão. O uso de tecnologias para o registro desse patrimônio, além de contribuir para um acervo digital realista e detalhado, pode ajudar no processo de fiscalização e em projetos de educação patrimonial. Com o auxílio de *software* é possível efetuar o levantamento de forma mais rápida, segura e precisa, gerando uma grande quantidade de matérias gráficos e não gráficos, que podem, posteriormente, ser utilizados para outros subprodutos.

A técnica DSM mostrou bons resultados finais com a produção de modelos tridimensionais foto realistas, que permitem um registro fidedigno da edificação. A qualidade dos modelos depende diretamente da qualidade das fotografias, que por sua vez estão relacionadas aos ângulos em que as fotos foram tiradas, às condições climáticas, obstáculos, qualidade dos equipamentos utilizados e detalhes da própria edificação, tornando o resultado final dependente de diversos fatores que fogem ao controle de quem está aplicando a técnica. No entanto, além das ferramentas que podem auxiliar no processo, ainda pode-se aproveitar os modelos com leves deformações.

Os resultados mostraram-se melhores com as fotografias em dias nublados, uma vez que não havia interferência dos raios solares nem sombra nas fachadas. A presença de carros nas fotos impediu a formação dos modelos, devido à superfície reflexiva. Já o reflexo dos vidros das edificações mostrou-se solucionável com a inserção de uma maior quantidade de fotos. Os pontos de controle foram úteis para a correção de deformações de fachadas onde a superfície encontrava-se perfeitamente lisa e limpa, ajudando no reconhecimento dos *pixels* homólogos.

A fotogrametria mostrou ser aplicável para todos os tipos de linguagens arquitetônicas, sendo de grande utilidade para o levantamento de edificações ecléticas, que apresentam uma relevante quantidade de ornamentos, possibilitando o registro fidedigno de todos os detalhes. Para a documentação completa das fachadas faz-se necessário a utilização de equipamentos que possibilitem um registro fotográfico mais completo, como veículos aéreos não tripulados (drones). Ressalta-se, para pesquisas futuras, a necessidade de aplicar a técnica de retopologia para o aperfeiçoamento dos modelos.

Agradecimentos

À Universidade do Estado de Santa Catarina, por viabilizar a pesquisa apresentada neste trabalho e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo apoio ao Gppat (Grupo de Estudos e Pesquisas em Gestão Pública e Patrimônio), por meio do edital PAP 2016, pelos recursos que possibilitaram a aquisição de equipamentos fundamentais para a pesquisa.

Referências Bibliográficas

BASTIAN, A. **Métodos e técnicas de baixo custo para levantamento métrico de sítios históricos.** Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

BRITO, J. N.; COELHO, L. **Fotogrametria Digital.** Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

BRITO, B. L.; GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. **O uso da tecnologia dense stereo matching para levantamento de edificações existentes.** In: II Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de Tecnologias Digitais. Belém, 2012. Anais ARQ.DOC, Belém, 2012.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. **Dense Stereo Matching (DSM):** conceitos, processos e ferramentas para criação de nuvem de pontos por fotografias. In: XVI Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital. Fortaleza, 2012. Anais SIGraDi, Fortaleza, 2012.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. **Técnicas de restituição fotogramétricas digitais aplicadas à arquitetura:** um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, 2004. Anais COBRAC, Florianópolis, 2004.

GROETELAARS, N. J. **Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas.** Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

HEIDTMANN, D. E. D. *et al.* **O uso do SIG na preservação do centro histórico de uma cidade no sul do Brasil.** In: Encontro Internacional ArquiMemória 5. Salvador, 2017. Anais ArquiMemória 5, Salvador, 2017.

ZUCATELLI, G. F.; LOCH, C.; WATASHI, D. B. **Ortofotomosaico de fachada utilizando fotogrametria à curta distância:** estudo de caso no edifício da reitoria da UFSC. In: 5º Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Documentação. Belo Horizonte, 2017. Anais..., Belo Horizonte, 2017.