



COMPARAÇÃO DE PRECISÃO/EXATIDÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS EM ESCALA 1:1.000, OBTIDAS POR PROCESSOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS E IMAGENS DE SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO.

Lívia Alves Naliato

Prof.: Diogenes Cortijo Costa

Objetivo

Inicialmente, o objetivo deste estudo consistia em comparar o uso de imagens de satélite Sensoriamento Remoto de alta resolução, com o uso de fotos aéreas em escala 1:5000 e 1:4000, para a produção de plantas e cartas topográficas em escalas grandes, no caso a 1:1000, visto que, diante das constantes evoluções tecnológicas dos dias atuais, é importante conhecer as vantagens e desvantagens de cada uma destas técnicas, bem como para quais situações cada uma delas é mais indicada. Tal comparação possibilitaria analisar a possibilidade de o Sensoriamento Remoto tornar-se, cada vez mais parte do processo de obtenção e produção destes produtos cartográficos, uma vez que a tecnologia geoespacial está em constante inovação e poderia contribuir para diversas áreas da Engenharia Civil, que utilizam estes produtos em larga escala.

Diante do atual cenário, no qual a pandemia causada pelo novo coronavírus impossibilitou a continuação das atividades normais tanto no ambiente acadêmico quanto em vários outros setores da sociedade desde o mês de março, a realização desta pesquisa, que teve início em agosto de 2019, e o seu conseqüente término, ficaram prejudicados, uma vez que em 2020 seriam realizadas todas as suas etapas práticas com os trabalhos em campo e laboratório de fotogrametria. Deste modo a parte prática do projeto, foi substituída por revisão bibliográfica do estado da arte em relação às aplicações do Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria Digital.

Histórico acerca das geotecnologias analisadas

A estereoscopia, característica do olho humano e de alguns animais, já é conhecida e utilizada há séculos, porém, com o surgimento de novas tecnologias, em poucas décadas em um processo acelerado, o seu uso tem aumentado em muitas áreas do conhecimento científico. Consiste na habilidade de observar uma mesma imagem de ângulos um pouco diferentes entre si, uma vez que nossos olhos se encontram separados por uma pequena distância porém voltados para a mesma direção, e tais imagens, ao serem processadas pelo cérebro, compõem uma só, nos dando a percepção de profundidade na imagem, na qual podemos distinguir propriedades como distância, volume e relevo (3D). A observação de uma mesma imagem, porém de ângulos diferentes, fazendo com que se tenha a impressão de que o objeto observado mudou de posição, é denominada paralaxe, e é o que permite esse efeito produzido pela estereoscopia (UNESP, 2008).

O estudo sobre a visão binocular tem seu início muitos séculos atrás, uma vez que, em 350 a.C., Aristóteles já procurava projetar imagens por meio ótico. Já no século XV, Leonardo Da Vinci demonstrou alguns princípios da projeção ótica e por volta de 1600, Johannes Kepler formulou uma definição para a estereoscopia. Além disso, em 1838, o cientista britânico Charles Wheatstone criou o primeiro Estereoscópio, um aparelho que possibilitava a observação de duas imagens capturadas com ângulos diferentes e que davam a noção de tridimensionalidade quando observadas juntas (SOUZA, 2013). Estas



imagens, denominadas fotografias estereoscópicas, se tornaram populares e começaram a ser comercializadas em meados do século XIX (Itaú Cultural, 2017).

A estereoscopia é um dos princípios utilizados pela Fotogrametria, que por definição é a obtenção de informações sobre as características de objetos e do meio ambiente através da interpretação de imagens, possibilitando, por exemplo, a obtenção de medidas e a realização de mapeamentos de grandes áreas, algo muito difícil de se realizar antes do surgimento deste processo (TOMMASELLI, 2009).

Inicialmente, a Fotogrametria se resumia a um processo analógico e terrestre, uma vez que as tecnologias das quais dispomos hoje ainda eram uma realidade distante. Sendo assim, as imagens capturadas em terra passavam pela etapa da restituição (extração de feições para confecção de cartas e mapas), que consiste, primeiramente, em formar pares estereoscópicos, ou seja, combinar imagens de um mesmo objeto ou região, porém obtidas de posições diferentes, resultando em um modelo tridimensional da superfície observada, conforme detalhado anteriormente. Em seguida, gera-se a carta a partir da projeção ortogonal desta superfície compreendida pelo modelo estereoscópico por meio da utilização de restituidores analógicos.

Posteriormente, com o surgimento dos computadores, tornou-se possível realizar este mesmo processo com restituidores analíticos, ou seja, com o uso de softwares e cálculos mais avançados para orientar o estereopar.

Com o surgimento de tecnologias digitais, as imagens a partir das fotografias eram digitalizadas; o uso de restituidores digitais, facilitou e agilizou o processo de restituição, bem como aumentou a sua precisão e qualidade (ROSALEN, 1997). Sendo assim, observa-se cada vez mais o crescimento da Fotogrametria assistida por computador, o que torna possível a obtenção de novos produtos como os Modelos Digitais de Terreno (DTMs). Atualmente o processo de mapeamento aéreo conta com câmeras digitais, as fotos (digitais) são obtidas de forma rápida evitando-se o processo de digitalização, com aumento significativo de qualidade

Os primeiros grandes usos da Fotogrametria ocorreram durante a Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), época em que já existiam aeronaves e a obtenção de informações quanto às características dos territórios e nações vizinhas era de grande importância. Surgia então a chamada Aerofotogrametria, onde as imagens são obtidas por câmeras localizadas em aeronaves, possibilitando o estudo e mapeamento de áreas muito maiores. Durante cada voo, as fotografias obtidas sobrepõem umas às outras em cerca de 60%, o que se chama de superposição longitudinal e visa a obtenção de imagens dos mesmos locais, porém de ângulos que variam, bem como possibilita a utilização apenas da porção central das imagens, onde as distorções são menos significativas (TOMMASELLI, 2009). Após a obtenção destas imagens, e a partir de relações geométricas nelas observadas pelo processo de foto triangulação, que utiliza a medição de ângulos e distâncias, é possível obter as coordenadas geográficas dos pontos desejados.

Principais aplicações da Fotogrametria e do Sensoriamento Remoto atualmente

Uma das principais contribuições do levantamento aéreo de informações geográficas é para a gestão de recursos ambientais. O surgimento destas tecnologias, principalmente a fotogrametria, está intrinsecamente relacionado aos interesses militares das grandes potências mundiais no século XIX, porém, com o passar do tempo e com a evolução e aprimoramento delas, suas aplicações também se diversificaram.



Dos seis biomas existentes no Brasil, aquele que vem sendo mais afetado pelo desmatamento é o Cerrado, presente principalmente nos estados de Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins. Este tipo de vegetação, caracterizada por árvores baixas, arbustos e gramíneas, ocupa cerca de 197 milhões de hectares do território nacional e é o segundo mais produtivo do país. A partir da década de 1970, estas regiões vem sendo cada vez mais desmatadas, fazendo com que o Cerrado hoje corra risco de extinção. Tamanho desmatamento é movido pela agropecuária e tem causado fortes impactos na biodiversidade da região, processos erosivos, assoreamento de rios e tem levado à contaminação dos rios e solos destas regiões.

Frente a essa realidade, as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP), previstas no Código Florestal, são aquelas cobertas ou não por vegetação nativa e cujo objetivo é a preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade, da paisagem, do fluxo gênico de fauna e flora, bem como garantir o bem estar das populações humanas da região.

Visando assegurar o cumprimento da legislação ambiental, o Sensoriamento Remoto tem se mostrado uma importante ferramenta, auxiliando no monitoramento de grandes áreas. Na Bacia do Rio Araguaia, por exemplo, localizado na divisa dos estados de Goiás e Mato Grosso, imagens do satélite sino brasileiro CBERS II tem sido utilizadas a fim de analisar o passivo ambiental, ou seja, as obrigações legais ou reparatórias de empresas em função dos danos causados por elas ao meio ambiente da área em questão (MASCARENHAS, FERREIRA, FERREIRA, 2008).

Na área da Engenharia Civil, uma aplicação de extrema importância da fotogrametria é de monitoramento de taludes em projetos de terraplenagem, podendo-se citar o caso de um loteamento na cidade de Lontras, no estado de Santa Catarina, no Brasil. Chamado Loteamento Maluê, o mesmo está localizado na parte mais alta da cidade, uma vez que esta é uma região que sofre constantemente com inundações. Contudo, por se tratar de uma região mais alta e na qual já ocorreram inúmeros deslizamentos, o loteador possui o compromisso de monitorar talude de corte existente, anualmente e repassar os resultados obtidos para a prefeitura do município. Até o ano de 2015, o talude era monitorado por meio de levantamentos topográficos. No ano de 2017 optou-se por realizar um levantamento fotogramétrico com utilização de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), dotados de câmera digital, sistema inercial e GNSS, com o objetivo de comparar os dois métodos e seus respectivos resultados.

Para a obtenção das imagens aéreas foi utilizada uma câmera acoplada a um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), que realizou o voo a uma altura de 80 metros, e a resolução espacial do pixel foi de 3,4 centímetros. A partir destas imagens e com o auxílio do *software* PHOTOSCAN, foi gerada uma nuvem de pontos georreferenciados para que por fim fosse elaborado um Modelo Digital do Terreno (MDT).

Uma das vantagens observadas do uso da fotogrametria em comparação ao levantamento topográfico é a facilidade e também a rapidez tanto na aquisição quanto no processamento dos dados, sendo que a qualidade do produto final foi considerada muito satisfatório e equivalente aos outros métodos empregados anteriormente, além de apresentar um custo mais baixo que os demais métodos. Além disso, a fotogrametria é um método muito vantajoso quando o terreno em questão impossibilita o levantamento topográfico devido às suas características físicas, desde que não exista cobertura vegetal muito densa (ZUCATELLI, PHILIPS, WATASHI, 2018).



No campo da Arquitetura, a fotogrametria também pode ser extremamente útil, porém sua utilização ainda é pouco difundida entre os profissionais do meio. A chamada Fotogrametria Arquitetural pode auxiliar arquitetos e engenheiros na revitalização ou restauração de edifícios históricos, e outros profissionais como arqueólogos e historiadores em suas pesquisas, além de poder ser empregada simplesmente na documentação de objetos ou monumentos históricos.

Em edifícios mais antigos, a inexistência de documentação, bem como seu mau estado de conservação ou a imprecisão das plantas existentes, uma vez que não raramente os mesmos sofrem mudanças ou acréscimos sem que estes sejam documentados, acabam por dificultar a realização de projetos de restauração ou revitalização, reforçando ainda mais a importância do levantamento fotogramétrico.

Além disso, algumas das vantagens da Fotogrametria Arquitetural é o tempo de execução, quando comparado ao necessário para a realização de um levantamento arquitetônico, seu baixo custo, as dificuldades de acesso ao objeto ou monumento levantado, que com a fotogrametria deixam de ser um obstáculo, a sua alta precisão, entre outras inúmeras vantagens trazidas pelo uso de uma tecnologia digital.

Um exemplo de monumento no qual foi realizado um levantamento fotogramétrico no Brasil é o da Igreja da Ordem Terceira de São Francisco da Penitência, no estado do Rio de Janeiro. O levantamento (Fig. 01), realizado em 1998, foi feito para o projeto de restauração da igreja.

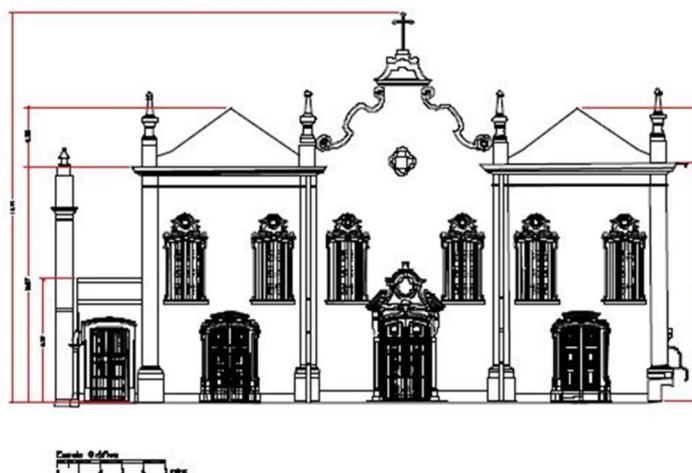


Figura 01 – Elevação frontal da Igreja de São Francisco da penitência. Fonte: BORGES, BORGES, 2018.

Conclusão

Ainda que as etapas práticas desta pesquisa não tenham sido realizadas em decorrência da suspensão das atividades acadêmicas presenciais no cenário atual da pandemia do Coronavírus, é possível constatar, diante dos exemplos de aplicação citados, a importância e o enorme potencial que as geotecnologias analisadas nesta pesquisa, a Fotogrametria, o Sensoriamento Remoto e o uso de VANTs, tem de contribuir para os mais diversos tipos de projetos, não apenas no campo da Engenharia Civil e da Arquitetura, mas também na proteção e monitoramento de recursos naturais. Sendo assim, o avanço de pesquisas envolvendo estas ferramentas se torna imprescindível para que cada vez mais estas possam ser utilizadas na confecção não somente de bases



cartográficas mas também de diversos outros produtos, e possam ser empregadas em novas áreas do conhecimento, facilitando e acelerando processos e contribuindo para o desenvolvimento da sociedade. Conclui-se deste modo que a comparação dos métodos em aplicações distintas devem ser verificadas quanto à exatidão e precisão dos produtos, para sua melhor aplicação nas áreas da Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo.

Bibliografia

UNESP. **A ESTEREOSCOPIA: INVESTIGAÇÃO DE PROCESSOS DE AQUISIÇÃO, EDIÇÃO E EXIBIÇÃO DE IMAGENS ESTEREOSCÓPICAS EM MOVIMENTO.** 2008. Disponível em: <<https://www.faac.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/Design/Dissertacoes/alexandre.pdf>>. Acesso em: 25 de Ago. 2019.

SOUZA, Ramon De. **A revolução 3D começou em... 1838!** 2013. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/historia/36759-a-revolucao-3d-comecou-em-1838-.htm>>. Acesso em: 25 de Ago. 2019.

FOTOGRAFIA Estereoscópica. In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural, 2017. Disponível em: <<https://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo3865/fotografia-estereoscopica>>. Acesso em: 25 de Ago. 2019.

TOMMASELLI, Antonio M. G. **Fotogrametria Básica – Introdução.** 2009. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf>. Acesso em: 15 de Set. 2019.

ROSALEN, David Luciano. **Estudo do processo de captação de imagens aplicado à fotogrametria digital.** 1997. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-01022018-161244/publico/Dissert_Rosalen_DavidL.pdf>. Acesso em: 28 de Set. 2019.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. **Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia.** 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000100001&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 20 de jun. 2020.

ZUCATELLI, G. F.; PHILIPS, J. W.; WATASHI, D. B. **FOTOGRAMETRIA APLICADA AO MONITORAMENTO DE TALUDES EM LOTEAMENTOS URBANOS – ESTUDO DE CASO.** 2018. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/399>>. Acesso em: 10 de jul. 2020.

BORGES, M. L. V. B.; BORGES, P. A. **Aplicações Práticas da Fotogrametria Arquitetural na documentação de edifícios e cidades históricas, para uso efetivo por arquitetos e planejadores urbanos, restauradores e historiadores.** 2018. Disponível em: <<https://www.cipaheritagedocumentation.org/wp-content/uploads/2018/11/Baptista-Borges-Atassi-Borges-Practical-applications-of-architectural-photogrammetry-in-the-documentation-of-historical-buildings-and-cities.pdf>>. Acesso em: 10 de jul. 2020.