

USABILIDADE DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NA ATUALIZAÇÃO CADASTRAL

Usability UAV for Real State Upgrade

Simone Sayuri Sato

Universidade Federal de Pernambuco

DeCart

simone.sato@ufpe.br

Max Tanillo Alves de Holanda e Silva

Universidade Federal de Pernambuco

DeCart

max.tanillo@ufpe.br

Mirelly de Oliveira Farias

Universidade Federal de Pernambuco

PGCGTG - DeCart

mirellyofarias@gmail.com

Erison Rosa de Oliveira Barros

Universidade Federal de Pernambuco

DeCart

erison.barros@ufpe.br

Resumo:

A adoção de geotecnologias de baixo custo como o uso de aeronaves remotamente pilotadas é uma realidade para uma diversidade de aplicações, sendo destaque a aquisição de dados geoespaciais. O cadastro imobiliário no município de Caruaru, estado de Pernambuco, tem sido desenvolvido desde final de 2018 em caráter de intercâmbio de conhecimento entre as instituições públicas: universidade pública e prefeitura municipal. Nesse sentido, a atualização cadastral é um dos entraves na consolidação do mapeamento cadastral que está sendo executado com insumos cartográficos oriundos do mapeamento executado com a técnica de perfilamento a laser nas escalas 1:1.000, proveniente do projeto PE3D – Pernambuco Tridimensional de 2014. Nesse contexto, estão sendo realizados estudos que buscam a comprovação da usabilidade de aeronaves remotamente pilotadas na atualização cadastral. Neste artigo será apresentado um dos estudos realizados em que foram aplicados procedimentos fotogramétricos e que resultaram na comparação entre as ortoimagens de 2014 do PE3D com as geradas pela plataforma aérea remotamente pilotada DJI Phantom 4 Advanced. Os aspectos técnicos fotogramétricos usando soluções de processamentos *structure-from-motion* (SfM) foram essenciais para obtenção dos resultados adequados ao propósito em questão.

Palavras-chave: aeronave remotamente pilotada; cadastro imobiliário; atualização cadastral.

Abstract

The adoption of low cost geotechnologies such as the use of remotely piloted aircraft is a reality for a variety of applications, with emphasis on the acquisition of geospatial data. The real estate cadastre in the municipality of Caruaru, state of Pernambuco, it has developed since the end of 2018 in an exchange of knowledge between public institutions: public university and city hall. In this sense, the cadastral update is one of the obstacles in the consolidation of the cadastral mapping that is based on cartographic inputs from the laser scanner mapping scale 1,000, PE3D project - Pernambuco Three-dimensional 2014. In this sense, the studies are looking to prove the

usability of remotely piloted aircraft in the registration update. This article will present one of the studies developed with photogrammetric procedures and the results of comparison between the 2014 orthoimages from PE3D with the orthoimages generated with DJI Phantom 4 Advanced. The photogrammetric technical aspects and solutions of structure-from-motion processing (SfM) were essential to obtain the appropriate results for the purpose in question.

Keywords: remotely piloted aircraft; real estate cadastre update.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento topográfico em escalas grandes, denominado em Camboim e Sluter (2019), como mapeamento de referência urbano, constitui-se uma base cartográfica indispensável a qualquer aplicação de SIG em nível municipal, incluindo aquelas que visam o mapeamento cadastral. Entretanto, a atualização cartográfica no país não é uma prioridade, além disso, a produção do mapeamento de referência urbano é onerosa e, embora os municípios tenham mais autonomia para a tomada de decisões, os recursos financeiros para dar-lhes suporte são cada vez mais reduzidos (MACHADO; CAMBOIM, 2019).

O cadastro é um elemento essencial no planejamento urbano, e os objetivos elencados em Loch (2005) são: coleta e armazenamento de informações, atualização descritiva sistemática e cartográfica da cidade, na qual fornecem dados necessários ao planejamento urbano e aos planos de desenvolvimento da cidade, garantindo as transações imobiliárias e as informações de propriedades urbanas com acesso rápido e confiável à disposição dos diversos órgãos públicos.

Com a atualização ou instalação do cadastro é possível instrumentalizar a administração municipal e os cidadãos em geral. Loch e Erba (2007) sugerem que, do ponto de vista estratégico, o processo seja iniciado obtendo dados necessários ao incremento da arrecadação tributária e, posteriormente, ampliação para outras aplicações.

A atualização cadastral, do ponto de vista da administração municipal, é importante para que os tributos sobre a propriedade não sejam cobrados erroneamente e, para a principal finalidade de gerar informações para a cobrança de impostos (LEITE et al., 2018).

Por fim, as diretrizes orientam que a multifinalidade do cadastro é potencializada pelo levantamento sistemático de todo o território do município, viabilizando a avaliação atualizada do valor venal dos imóveis urbanos e rurais para fins fiscais, de modo a gerar incremento de receitas que possam financiar a implantação e manutenção do Cadastro Técnico Multifinalitário. Na questão de levantamentos sistemáticos, em Ramos (2013) é sugerida a implantação de cadastro através da metodologia aerofotogramétrica.

Considerando os últimos trinta anos, pode-se observar uma considerável difusão no número de técnicas e métodos de aquisição de dados espaciais, inclusive os cadastrais, (SCAIONI et al., 2014). Entre os novos instrumentos, técnicas e métodos desenvolvidos, destacam-se os que estão fundamentados em sensores miniaturizados e que se encontram disponíveis em: estações terrestres, veículos terrestres móveis e plataformas aéreas de baixa altura como, por exemplo, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), abordados em (EISENBEISS et al., 2011). A integração dos sistemas de posicionamentos e de navegação, de sensores e de plataformas de veículos autônomos contribui para um significativo aumento de produtividade do mapeamento em alta resolução, favorecendo a execução do mapeamento e a atualização cadastral.

Com o projeto de cadastramento de imóveis iniciado em dezembro de 2018 no município de Caruaru, estado de Pernambuco (ainda em andamento), estão sendo desenvolvidas

metodologias com contexto inovador para serem testadas e implementadas em caso de sucesso. Como base cartográfica nas atividades do cadastro imobiliário, adotou-se os insumos do mapeamento realizado em 2014 nas escalas 1:1.000 e 1:5.000 através do Programa Pernambuco Tridimensional - PE3D, disponível no site: <http://www.pe3d.pe.gov.br/mapa.php>. Contudo, o insumo cartográfico (ortofotos digitais e modelo digital de superfície e do terreno) está com seis anos de realização, o que implica em desatualização e conseqüentemente: trabalhos adicionais de levantamento de campo, resultando em as etapas de trabalho onerosas.

Um dos propósitos da parceria UFPE com a gestão municipal de Caruaru é desenvolver metodologias de levantamento cadastral com contexto inovador. No final de 2019, o estudo da usabilidade de aeronaves remotamente pilotada foi iniciado com a finalidade de testar e validar o seu uso na manutenção do cadastro urbano e rural do município de Caruaru. Neste artigo, portanto, é contextualizado os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo e que resultaram na comparação entre as ortoimagens de 2014 do PE3D com as ortoimagens adquiridas por meio de um sistema de aeronave remotamente pilotada. Nele, são aplicadas as técnicas fotogramétricas e soluções de processamentos structure-from-motion (SfM) cujos resultados corroboraram na atualização do mapeamento cadastral.

2. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS

A adoção de geotecnologias aplicadas de baixo custo como o uso de aeronaves remotamente pilotadas para a atualização cadastral, tem como interesse principal agregar o intercâmbio de conhecimento entre as instituições envolvidas no projeto de cadastro imobiliário.

De acordo com os regulamentos de aviação, o termo 'veículo aéreo não tripulado' é definido como "uma aeronave motorizada projetada para voar sem um operador humano a bordo. De acordo com a Instrução Suplementar (IS) Nº 21/2012 – Revisão A (ANAC, 2012), a tecnologia VANT é composta por uma aeronave, projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos, e pelos seus componentes associados, tornando-se, dessa forma, um Sistema de Veículo Aéreo Não Tripulado (SISVANT). Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos. A principal característica do SISVANT é a possibilidade de embarcar sensores, como: câmera fotográfica digital integrado com receptores GNSS, e, com isso, extrair as informações espaciais de interesse. Esse tipo de plataforma aérea é conhecido popularmente como *drone*, porém, a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), da qual o Brasil é membro, usa o termo RPAS – *remotely piloted aircraft system*, padrão internacional, (Bolognesi et al., 2015; Nex e Remondino, 2014). Para o contexto deste artigo, o termo ARP, traduzido como aeronave remotamente pilotada será utilizado.

Em Federman et al. (2017), é contextualizado a origem, a tipagem e breves comparações e classificações dos ARPS, além de uma descrição de todas as etapas do fluxo de mapeamento fotogramétrico. Seguindo as recomendações desses autores, os resultados são suficientemente adequados para a criação de plantas e mapas com detalhes de elevações, combinadas com uma nuvem densa de pontos.

O uso dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas, se apresentam como uma tecnologia capaz de proporcionar a aquisição de fotografias aéreas para mapeamentos a um custo inferior aos levantamentos fotogramétricos convencionais. Assim, quando corretamente

obtidas as imagens, essas fotografias possuem características capazes de permitir uma fotointerpretação adequada para a extração de informações de interesse. Em contrapartida, a obtenção de fotos aéreas através de voos fotogramétricos convencionais se torna onerosa quando a análise temática compreende uma pequena área isolada (CUNHA et al., 2009) e (CAVALI et al., 2017).

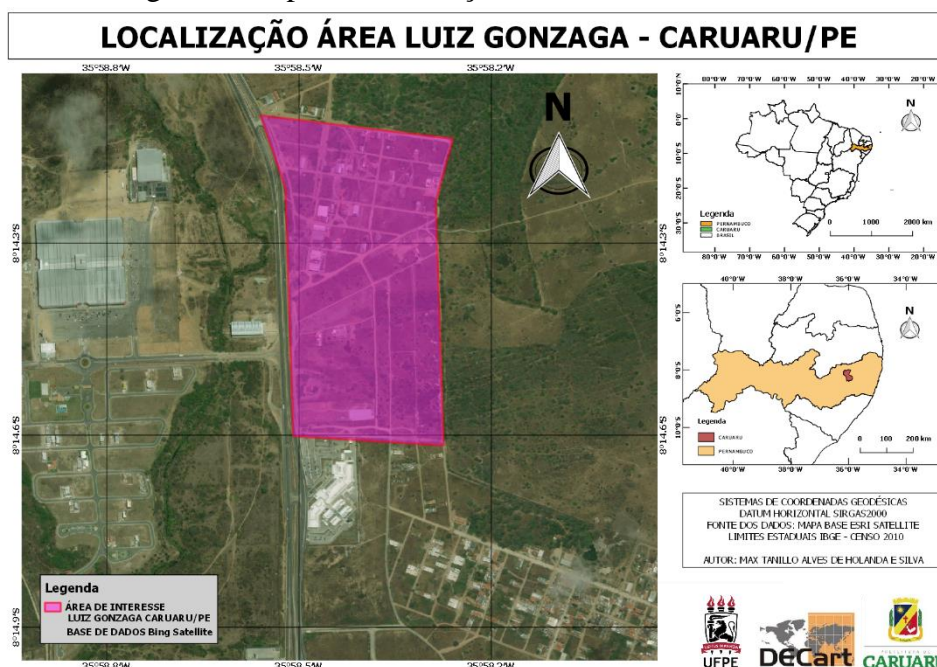
3. METODOLOGIA

Usando um recurso do uso de geotecnologias de baixo custo, como é o caso de ARP, foi iniciado o experimento de testagem da sua usabilidade, eficiência e eficácia para a atualização cadastral. Adicionado a esses procedimentos, a validação da qualidade posicional é um item a ser considerado.

3.1. Área de Estudo

O local do estudo é uma área situada no Bairro Luiz Gonzaga, Figura 1. Foi escolhido por apresentar visualmente um aumento de taxa de ocupação e, sendo o bairro com maior desenvolvimento urbano da atualidade no município de Caruaru. O recorte da área está próximo do Hospital Regional Mestre Vitalino. A localidade apresenta um desenvolvimento acelerado e tem atraído novas habitações, possui ainda, uma alta demanda para novos loteamentos. A Figura 1, apresenta o mapa de localização da área de estudo.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

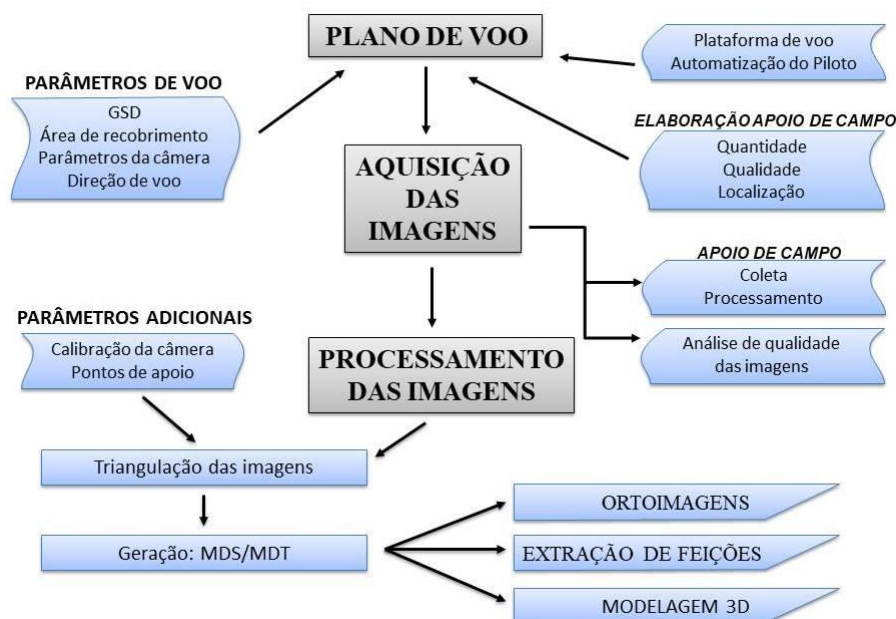
3.2. Materiais e Métodos

No mapeamento aerofotogramétrico foi utilizado o VANT quadricoptero DJI-Phanton 4 Advanced que possui uma câmera com resolução máxima de 20 megapixels, distância focal de 8,8 milímetros, peso máximo de decolagem 1,4 quilogramas e autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos.

No estudo, foram utilizados os softwares: Pix4Dmapper (versão trial), para processamento e análise das imagens adquiridas pelo Phaton 4 Advanced; Pix4Dcapture para o planejamento e execução do voo; Topcon Tolls 7.5.1 para o processamento dos pontos de apoio e de checagem coletados por GNSS; QGIS 2.18 para a geração do ortotomosaico do PE3D e vetorização das feições imobiliárias e arruamentos; e Google Earth para o planejamento dos pontos de apoio.

O fluxo de trabalho para a aquisição e o processamento dos dados, é representado na forma de diagramas na Figura 2. Nele, são divididas três etapas: plano de voo, aquisição das imagens e processamento das imagens.

Figura 2 - Fluxograma do Processamento das imagens.



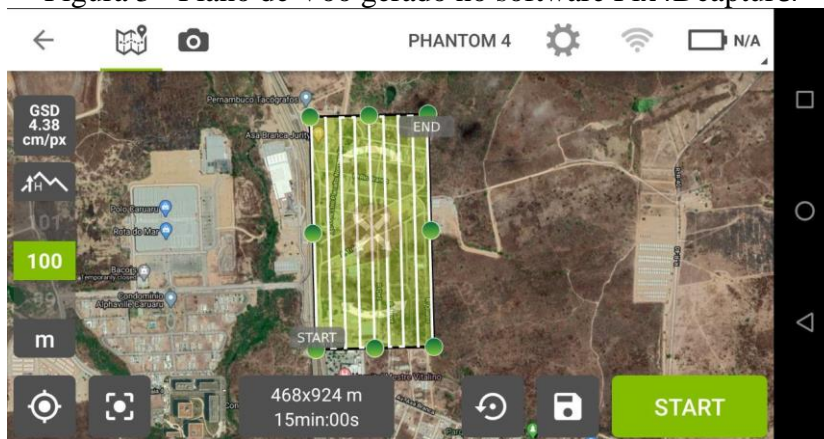
Fonte: Autores (2020).

3.2.1. Plano de Voo

No planejamento do voo, foram utilizadas as ortofotos coletadas no projeto PE3D, a resolução deste insumo cartográfico, permitiu a seleção de feições para guiar a delimitação da área e planejar a distribuição e a localização dos pontos de apoio. A Figura 3, apresenta uma imagem capturada no plano de voo executada no Pix4Dcapture, nela, é possível visualizar alguns parâmetros de voo, como: a área de cobertura correspondente às dimensões 468m x 924m, o GSD (elemento de resolução no terreno), a altura de voo de 100 metros e a direção de voo. O voo foi planejado de modo que atendesse menor número de linhas de voo, no total nove

e, conseqüentemente, menor tempo de voo. As sobreposições longitudinais e laterais foram configuradas em 70% em ambas.

Figura 3 - Plano de Voo gerado no software Pix4Dcapture.



Fonte: Autores (2020).

3.2.2. Aquisição das Imagens

O voo foi realizado no dia 12 de dezembro de 2019. A altura de voo selecionada procurou atender principalmente o tempo de autonomia de voo e uma resolução espacial adequada para o propósito do mapeamento. Antes da aquisição das imagens no voo, 23 alvos foram uniformemente distribuídos na área de estudo e posicionados em locais de fácil visualização, algumas clareiras, áreas limpas de cobertura e sombra.

Com o apoio de campo foram mensuradas as coordenadas tridimensionais dos alvos distribuídos na área do levantamento. Os pontos foram medidos com receptores GNSS Topcon Hiper II, Topcon Hiper IV e CHC X90, ambos de dupla frequência, o modo de posicionamento configurado foi o relativo estático para a medição das estações-base (Campus UFPE e base no local); e para a medição dos pontos de controle e de checagem, foi utilizado o posicionamento relativo rápido.

A aquisição das imagens foi realizada em conformidade com os parâmetros de voo pré-estabelecidos. Após o voo foi efetuada a verificação da qualidade dos dados coletados: integridade dos arquivos de imagens e dados EXIF, contraste e nitidez das imagens e a geometria das linhas de voo (alinhamentos mantidos, inexistência de sobreposições entre as imagens).

3.3.3 Processamento de Dados

O processamento das imagens foi realizado usando um software baseado no algoritmo SfM, Pix4DMapper. As três etapas principais são: (1) processamento inicial; (2) densificação da nuvem de pontos; (3) geração de MDS e ortomosaicos. Na primeira etapa é realizada a identificação dos pontos chaves (*keypoints*) entre as imagens e a calibração automática da câmera onde são calculados os parâmetros internos e externos da câmera. Ainda nessa etapa são medidos os pontos de controle nas imagens, é realizado o refinamento do georreferenciamento para em seguida gerar automaticamente os pontos de enlace no conjunto

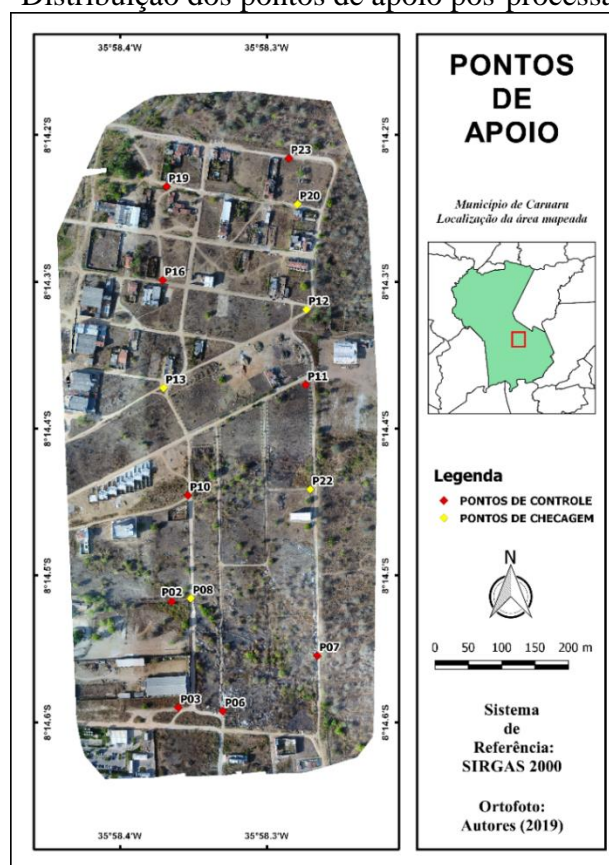
de imagens. Na segunda etapa, novos pontos de enlace são gerados e são obtidos uma nuvem densificada de pontos em preparação para produção de uma malha texturizada (mesh). A terceira e última etapa gera o modelo digital de superfície e do terreno, e finalmente, o ortomosaico.

4. RESULTADOS

4.1. Qualidade no processamento das imagens e geração de ortomosaico

No processamento GNSS dos 23 pontos de apoio (incluindo os de checagens), 9 pontos apresentaram precisões não admissíveis e, portanto, foram descartados. Permaneceram 14 pontos de apoio, distribuídos na área, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Distribuição dos pontos de apoio pós-processado



Fonte: Autores (2020).

Os resultados do processamento inteiramente automático são fornecidos por meio de um relatório. Em caso de não atendimento a qualidade esperada em uma das etapas, é recomendado intervir manualmente na etapa de processamento inicial, por exemplo, re-medir alguns pontos chaves, ou adicionar alguns pontos manualmente e reprocessá-los de modo a melhorar os resultados. O procedimento interventivo no processamento foi realizado, e os resultados finais em relação aos pontos de checagem obtiveram como resíduos máximos em x e y

3,5 cm em x e 8,5 cm em y e em z igual a 16,2 cm. O erro médio (RMS) apresentado no eixo x foi de 2,28 cm, e em y igual a 4,64 cm e, no eixo z igual a 8,80 cm.

4.2. Análise temporal e comparativa das ortoimagens

Para a análise temporal e para a validação da usabilidade da ARP aplicada a atualização cadastral, foram comparados o ortomosaico gerado por meio das ortofotos obtidas do PE3D do ano 2014 com a ortoimagem gerada no estudo proposto. A Figura 5, apresenta as duas ortoimagens lado a lado, facilmente se pode visualizar a presença de novas construções em diversas regiões na ortoimagem gerada (a direita).

Figura 5 - Ortofoto PE3D (esquerda), Ortofoto ARP (direita).



Fonte: Autores (2020).

Quando carregadas as imagens para o ambiente do software QGIS, foi possível verificar muitas alterações nos imóveis existentes, como mostra a Figura 6, a esquerda está a ortoimagem de 2014 e a direita a ortoimagem de 2019, pode-se visualizar que em (a) há uma demolição de estrutura que existia anteriormente em 2014 e em (b) apresenta uma modificação da estrutura construída e o surgimento de uma construção anexada a ela e; em (c) é perceptível a ampliação da edificação existente.

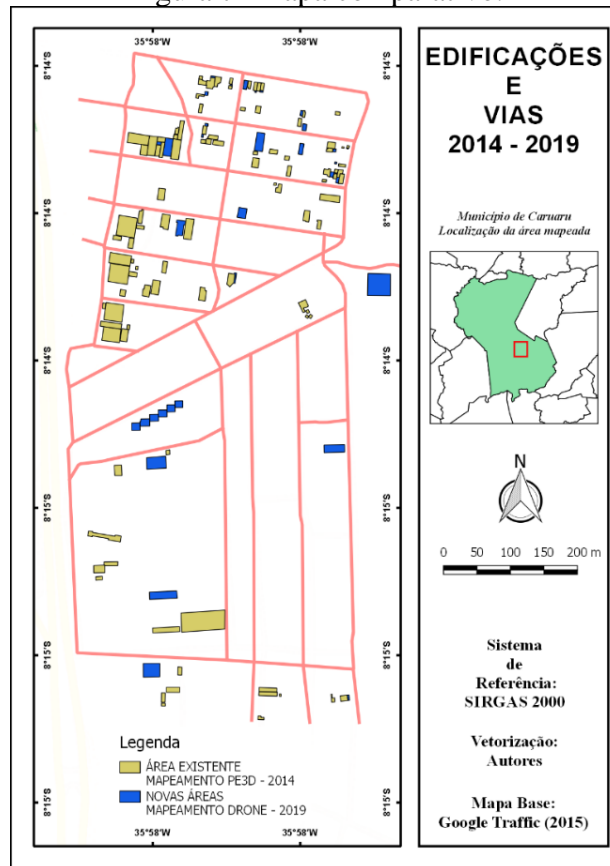
Na análise comparativa quantitativa entre os dois produtos foi contabilizado um total de 101 edificações construídas na área em 2014, vetorizadas (na cor ocre amarelada), como demonstrado na Figura 7, os imóveis têm aparência residencial com alguns poucos galpões. Na ortoimagem de 2019, foi identificado um total de 34 novas edificações (vetorizadas na cor azul). Também foi possível identificar alterações nas construções existentes. A taxa de ampliação de novos imóveis chegou a 33,66%.

Figura 6 - Alteração nas edificações.



Fonte: Autores (2020).

Figura 7- Mapa comparativo.



Fonte: Autores (2020).

As novas construções mapeadas no novo levantamento resultaram em 5412,32m² de área edificada que quando comparados com o mapeamento anterior de 2014, a diferença entre as áreas possibilita detectar um aumento de 35,85% da área total edificada.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa apresentou um estudo sobre a possibilidade de uso de ARP - Aeronave Remotamente Pilotada na atualização cadastral. Os procedimentos metodológicos foram aplicados numa área piloto utilizada para consolidação da metodologia e, posteriormente validação dessa metodologia para empregá-la nas demais áreas do município de Caruaru - PE. É observado que a qualidade obtida no aerolevanteamento por ARP superou as expectativas, atingindo o erro máximo planimétrico menor que 10 centímetros. Portanto, pode-se afirmar que a qualidade posicional obtida na geração da ortoimagem do estudo é adequada para utilização como base cartográfica para atualização cadastral.

A metodologia empregada levando em consideração os aspectos fotogramétricos, utilizando aeronaves remotamente tripuladas de baixo custo atendeu as expectativas em relação a usabilidade no processo de mapeamento cadastral e poderá ser empregada no projeto de desenvolvimento tecnológico na Prefeitura Municipal de Caruaru.

O estudo está sendo continuado, e pretende-se aprimorar as técnicas de mapeamento usando soluções open source para extração de feições tridimensionais a partir da nuvem de pontos.

Referências

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil 1888 (8ª ed., Vade Mecum Acadêmico de Direito), São Paulo: Editora Rideel. 2009.

BRASIL, Ministério das Cidades. **Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros: Manual de Apoio (Portaria Ministerial nº 511, de 07 de dezembro de 2009)**. Brasília: MCidades/Lincoln Institute, 2009, 170 p. (Programa Nacional de Capacitação das Cidades).

CARVALHO, L. R. B.; THUM, A. B. **A Utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) no Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Desconhecido, Desconhecido, [201-]. Disponível em: < http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/480/CT04-65_1507112571.pdf >. Acesso em: 03 ago. 2020.

CAVALI, C. et al. Aplicabilidade da tecnologia VANT na atualização de bases de dados cartográficos-Estudo de caso: sistema cárstico do rio João Rodrigues. **Boletim Paranaense de Geociências**. Volume 73 (2017) 1:34-45.

EISENBEISS, H.; SAUERBIER, M. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. *Photogrammetric Record*, 2011.

FEDERMAN, A. et al. UAV Photogrammetric Workflows: A best practice guideline. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, v. 42, n. 2W5, p. 237–244, 2017.

LEITE, M. E.; ANTUNES RODRIGUES, H. L.; BORGES, M. G. **Atualização do cadastro imobiliário por sensoriamento remoto e os impactos fiscais**. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 2018.

LOCH, C. Cadastro técnico multifinalitário instrumento de Política Fiscal e Urbana. In: *CAPACIDADES. Programa Nacional de Capacitação das Cidades. Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana*. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005.

LOCH, C.; ERBA, D. A. Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. (2019). Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180142. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>.

RAMBO, J.; RAMBO, L. **Implantação do Cadastro Territorial Multifinalitário no Brasil**. *Revista Brasileira de Geomática*, v.1 n. Pato Branco, PR, Brasil: p. 42.

SCAIONI, M.; PERKO, R.; VERONEZ, M. R. Applications of surveying in land management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. *Earth Science Informatics*, v. 7, n. 2, p. 69-70, 2014.

SOUZA, G. H. B de. **Sistemas Cadastrais 3D: viabilidades para o sistema cadastral brasileiro**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas - FCT/UNESP. Presidente Prudente - SP. 2011.