

USO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE E GESTÃO TERRITORIAL: UM ESTUDO PARA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA URBANA

Use of Remotely-Piloted Aircraft as a tool for territorial analysis and management. a study for Urban Land Regularization

Uso de aeronaves pilotadas a distancia como herramienta de análisis y gestión territorial: un estudio para la regularización del suelo urbano

Felipe Facci Inguaggiato

Doutorando do Prog. de Pós-Graduação em Eng. Urbana
Univ. Fed. São Carlos
[orcid: 0000-0001-7932-4865](https://orcid.org/0000-0001-7932-4865)
fp.facci@hotmail.com

Tatiane Ferreira Olivatto

Doutoranda do Prog. de Pós-Graduação em Eng. Urbana
Univ. Fed. São Carlos
[orcid: 0000-0002-5770-7088](https://orcid.org/0000-0002-5770-7088)
tatianeolivatto@yahoo.com.br

Fábio Noel Stanganini

Doutor pelo Prog. de Pós-Graduação em Eng. Urbana
Univ. Fed. São Carlos
[orcid: 0000-0002-2497-2395](https://orcid.org/0000-0002-2497-2395)
fstanganini@ufscar.br

Resumo

A gestão de áreas urbanas isoladas é um desafio para o poder público municipal, principalmente em municípios de pequeno porte, cuja disponibilidade orçamentária é muitas vezes limitada. Neste sentido, o uso da aerofotogrametria digital, utilizando aeronaves remotamente pilotadas (RPA), popularmente conhecidas como Drones, surge como uma alternativa de subsídio à gestão urbana, tendo em vista seu baixo custo, operabilidade simplificada e possibilidade de imageamento de pequenas áreas em um curto espaço de tempo. Visando avaliar a viabilidade do uso desta tecnologia, este trabalho teve por objetivo o emprego de uma RPA (modelo Phantom 4 Pro) para coleta de dados em uma área urbana isolada no Município de Guararema – SP. A metodologia utilizada contemplou a coleta de pontos de apoio no intuito de atribuir acurácia posicional às imagens, resultando na construção de material cartográfico georreferenciado (ortofoto e modelo digital de elevação) e com qualidade submétrica. Foi verificado que os produtos podem ser utilizados para fins de regularização fundiária, permitindo a vetorização de feições como quadras, lotes, construções, infraestrutura urbana e vegetação, além da extração de curvas de nível. Os produtos se enquadram na classificação de qualidade PEC Classe A, com escala de referência técnica de 1:1000, reafirmando-os como alternativa para atualização da base cadastral de prefeituras e como fonte de informações de qualidade para a o planejamento e gestão de áreas urbanas.

Palavras-chave: Aeronave Remotamente Pilotada, Gestão Urbana, Atualização Cartográfica, Geoprocessamento, Engenharia Urbana.

Abstract

The management of isolated urban areas is a challenge for the municipal government, especially in small municipalities, whose budget availability is often limited. In this sense, the use of digital aerophotogrammetry, using remotely piloted aircraft (RPA), popularly known as Drones, appears as an alternative of subsidy for urban management, given its low cost, simplified operability and possibility of imaging small areas in a short time. Aiming to assess the feasibility of using this technology, this work aimed to use a RPA (Phantom 4 Pro model) for data collection in an isolated urban area in the municipality of Guararema - SP. The methodology used included the collection of support points in order to attribute positional accuracy to the images, resulting in the construction of georeferenced cartographic material (orthophoto and digital elevation model) and with submetric quality. It was found that the products can be used for land regularization purposes, allowing the vectorization of features such as blocks, lots, buildings, urban infrastructure and vegetation, in addition to the extraction of contour lines. The products fit into the PEC Class A quality classification, with a technical reference scale of 1:1000, reaffirming them as an alternative for updating the municipal registry database and as a source of quality information for the planning and management of urban areas.

Keywords: Remotely-Piloted Aircraft, Urban Management, Cartographic Updating, Geoprocessing, Urban Engineering.

Resumen

La gestión de áreas urbanas aisladas es un desafío para el gobierno municipal, especialmente

Data da Submissão:
18novembro2021
Data da Aprovação:
02fevereiro2022
Data da Publicação:
15abril2022

en los municipios pequeños, cuya disponibilidad presupuestaria suele ser limitada. En este sentido, el uso de aerofotogrametría digital, utilizando aeronaves pilotadas a distancia (RPA), popularmente conocidas como Drones, aparece como un subsidio alternativo a la gestión urbana, dado su bajo costo, operabilidad simplificada y posibilidad de captar áreas pequeñas en poco tiempo. Con el objetivo de evaluar la viabilidad del uso de esta tecnología, este trabajo tuvo como objetivo utilizar un RPA (modelo Phantom 4 Pro) para la recolección de datos en una zona urbana aislada del municipio de Guararema - SP. La metodología utilizada incluyó la recolección de puntos de apoyo con el fin de atribuir precisión posicional a las imágenes, dando como resultado la construcción de material cartográfico georreferenciado (ortofoto y modelo de elevación digital) y con calidad submétrica. Se verificó que los productos pueden ser utilizados con fines de regularización de la tenencia de la tierra, permitiendo la vectorización de características como bloques, lotes, edificaciones, infraestructura urbana y vegetación, además de la extracción de curvas de nivel. Los productos encajan en la clasificación de calidad PEC Clase A, con una escala de referencia técnica de 1: 1000, reafirmando los como alternativa para la actualización de la base de datos del registro municipal y como fuente de información de calidad para la planificación y gestión de áreas urbanas.

Palabras clave: Aeronave Pilotada a Distancia, Gestión Urbana, Actualización Cartográfica, Geoprocusamiento, Ingeniería Urbana.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização iniciado na década de 1980 em cidades de pequeno porte levaram ao advento de loteamentos residenciais e conjuntos habitacionais populares, difundindo diversas problemáticas espaciais. Considerando que grande parte dos instrumentos urbanos presentes na legislação nacional estavam pertinentes ao planejamento de cidades de médio e grande porte (MOREIRA e TERBECK, 2015), iniciou-se um debate acerca das metodologias voltadas a atualização de bases cartográficas de municípios de menor dimensão (PADIAL *et al.*, 2018; PESSOA *et al.*, 2019).

Comparativamente, enquanto na década de 1950 a taxa de urbanização no país era de 36,2%, no ano de 2010 esse número elevou-se para 84,4% (IBGE, 2010). As cidades de pequeno porte também caminharam a um aumento relativo em escala nacional. No ano de 1940, 857 municípios apresentavam população inferior a vinte mil habitantes, ao passo que, no ano de 2010, esse

número elevou-se a 4.471 (STAMM *et al.*, 2013).

Neste cenário de mudança, questões como adensamento populacional, problemas de infraestrutura urbana e desigualdades socioeconômicas se evidenciaram nos municípios brasileiros, enfatizando a indispensabilidade do planejamento urbano (VILLAÇA, 2001). Apesar disso, as alternativas articuladas pelo poder público não abordavam necessariamente embates no espaço urbano, refletindo na falta de uma política urbana preventiva e que observe o espaço urbano como um local de interação entre processos socioeconômicos e espaciais (ROLNIK, 2015; VILLAÇA, 1999).

Uma dentre várias justificativas para explicar esses impasses parte da atual lacuna no conhecimento sobre a importância de entender o território como a melhor forma de inferir e aplicar políticas públicas em escalas locais (BATISTA DE FRANÇA, 2017). De tal modo, observa-se o

surgimento de ocupações irregulares – conceituado como uma ocupação desordenada, através de invasões irregulares ou empreendimentos clandestinos – que se apresentam, majoritariamente, como um espaço para exercício da moradia (ROCHA e SILVEIRA, 2017).

Estas ocupações podem ainda divergir conceitualmente em sua configuração, uma vez que elas podem se consolidar tanto em formato de favelas e de ocupações de movimentos sociais (DE LIMA RAMIRES, 2020), quanto em estruturas de condomínios de alto padrão socioeconômico, como o loteamento na Represa Billings, em São Paulo (LOLIVE e OKAMURA, 2020). Do ponto de vista da infraestrutura, estas tipologias de ocupação diferenciam-se, pois, enquanto a primeira carece de obras como sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto, rede de distribuição de elétrica e sistema viário, a segunda as apresenta. No caso dos condomínios de alto padrão, destaca-se ainda o conceito de privatização do espaço como um todo, o que vai além da ocupação de movimentos sociais, por exemplo.

A falta da regulamentação do espaço urbano pode levar a problemas que vão desde arrecadação de impostos ineficiente - visto que grande parcela dessas ocupações não contém dados cadastrais ou os mesmos são computados de forma defasada, refletindo a negligência na fiscalização e cobrança de impostos municipais (PESSOA *et al.*, 2019; DE LIMA RAMIRES, 2020) – à problemas de mobilidade urbana decorrentes, por exemplo, do fechamento de grandes extensões urbanas e consequente desconexão de sistemas viários.

Neste contexto, a utilização de elementos cartográficos georreferenciados para o registro de informações territoriais, inclusive para a elaboração de mapas temáticos – sejam eles referentes a rede viária urbana, de drenagem, de cadastro tributário e imobiliário, planialtimétrico e de serviços de infraestrutura – contribuem de maneira significativa para gestão e planejamento urbano.

Além das técnicas já bem difundidas de topografia, ferramentas de geoprocessamento e levantamento aerofotogramétrico tradicionais também são utilizadas para o levantamento cartográfico desses elementos, contudo, seus elevados custos operacionais (GALLACHER, 2016), atrelado a dificuldades técnicas e burocráticas, demonstram que são poucos os municípios que dispõem de recursos financeiros para subsidiar o planejamento de seu espaço e suas respectivas dinâmicas de alterações ao longo dos anos.

Para efeito de constatação, o levantamento topográfico, em cenário nacional, é realizado por uma série de cartas homogêneas e articuladas, elaboradas mediante um compilado de cartas já existentes, em escalas que variam entre 1:1000.000 e 1:20.000 da superfície terrestre, inviabilizando a análise de problemáticas espaciais em escala local (MACHADO e CAMBOIM, 2019). O mapeamento voltado a regulação e regularização de áreas urbanas demanda escalas detalhadas, que variam entre 1:500 e 1:2.000.

Neste sentido, o uso de imagens de alta resolução espacial é cada vez mais utilizado no que se refere a questões relacionadas a gestão

urbana, através da utilização das aeronaves remotamente pilotadas (RPA) (GALLACHER, 2016; CURETON, 2020), responsáveis pela inserção de novas funcionalidades e alternativas para organização territorial urbana. Assim, a utilização das RPAs se apresenta como uma alternativa para a realização de levantamentos aerofotogramétricos que exigem maior detalhamento.

Dentre os principais benefícios dessa evolução tecnológica, destacam-se, além de seu baixo custo operacional, a simplicidade operacional, principalmente se comparado à outras alternativas de aquisição de imagens que utilizam helicópteros e aviões de pequeno porte (ALLAIRE *et al.*, 2019; THOMAS *et al.*, 2019). Por esta razão, as aplicabilidades variam desde atualização cadastral, acompanhamento de fenômenos urbanos e ambientais, assim como a produção de bases cartográficas sólidas para o cenário atual – como a regularização fundiária.

A maioria dos municípios de pequeno porte dispõem de ferramentas ou instrumentos que auxiliem na construção e atualização de suas bases cartográficas (PINTO *et al.*, 2020), implicando num material defasado que, por sua vez, impossibilita a gestão do espaço urbano de forma eficiente e segura. Com isso, é de suma importância avaliar a potencialidade das RPAs como ferramenta de obtenção de imagens de alta resolução espacial para construção de uma base cartográfica georreferenciada de forma rápida e eficiente (LIM *et al.*, 2020; MBARGA MBARGA *et al.*, 2020).

O presente artigo visa avaliar o uso técnicas de aerofotogrametria digital para produção de ortofotos e curvas de nível georreferenciadas obtidas por meio de uma RPA, demonstrando o seu potencial na atualização de bases cartográficas. Para tal, propõe-se o uso técnicas de fotointerpretação para a regularização fundiária urbana numa ocupação irregular isolada, localizada em Guararema, um município de pequeno porte do Estado de São Paulo.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

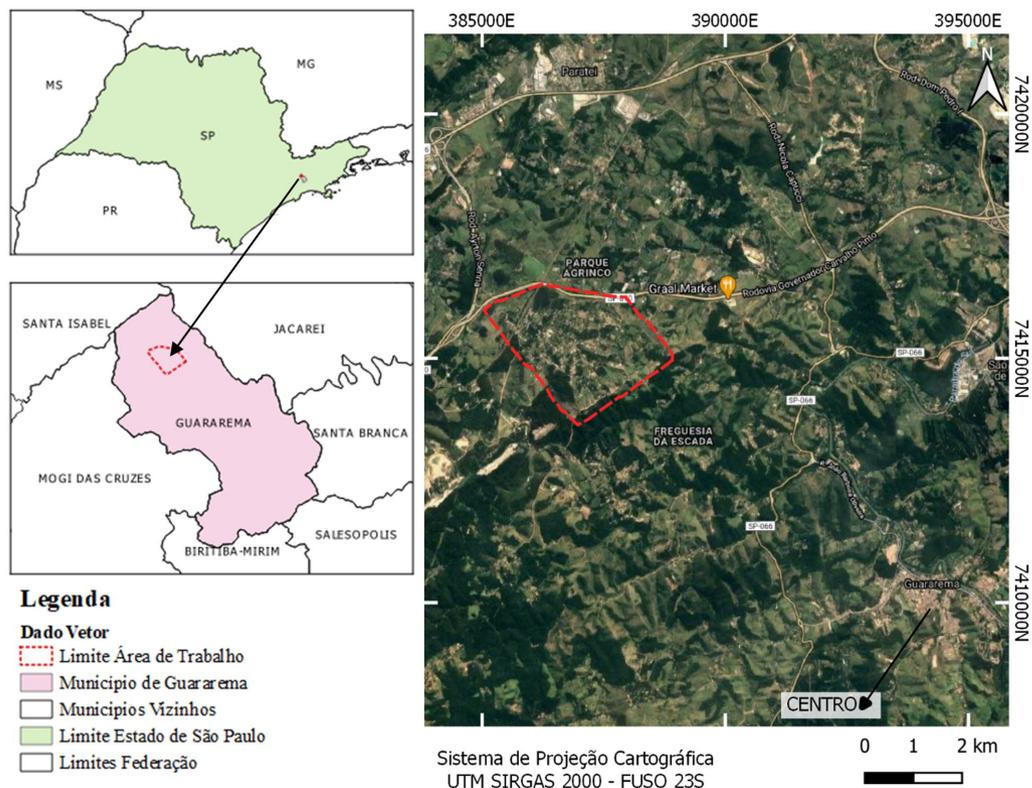
A área de estudo localiza-se ao norte do Município de Guararema, na circunvizinhança do Município de Jacareí e Mogi das Cruzes (SP), Região Metropolitana de São Paulo e Alto Tietê, apresentando características urbanas voltadas a casas de alto padrão socioeconômico e chácaras de recreio. A área se situa entre duas rodovias de acesso, Ayrton Senna da Silva e a Presidente Dutra, atribuindo alto grau de fluidez aos deslocamentos e acessibilidade ao local (Figura 1).

A ocupação irregular está a sete quilômetros da região central de Guararema, segregada geograficamente do perímetro urbano do município, provendo de infraestrutura urbana, como postes, energia, sistema de abastecimento e coleta seletiva feita pela prefeitura, conforme o IBGE (2020).

De acordo com o SEADE (2020), Guararema possui 29.429 habitantes e renda per capita de R\$ 33.920,21, com economia dividida entre indústrias, serviços, ecoturismo e

agropecuária. O município é dotado de sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário, tratamento e abastecimento de água e coleta de lixo – em nível de atendimento, em porcentagem, de 51,10%, 79,79% e 98,86%, respectivamente. De acordo com o IBGE Cidades (2020), a vegetação do município é composta pelo bioma Mata Atlântica.

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

Segundo a metodologia proposta por Veiga (2002), o dimensionamento de municípios de pequeno porte abrange aqueles com população de até 50 mil habitantes. O IBGE (2011) vai ao encontro dessa proposição, tipificando municípios de pequeno porte como aqueles que possuem população entre 20 mil e 50 mil habitantes. Desse modo, o município pode ser configurado através dessa conceituação, pois vai ao encontro de ambas metodologias. De acordo com Pinto *et al.* (2020), são estes

os municípios que apresentam dificuldades no processo de atualização das bases cartográficas, levando, conseqüentemente, a perda de receitas, como apresentado na sessão anterior.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

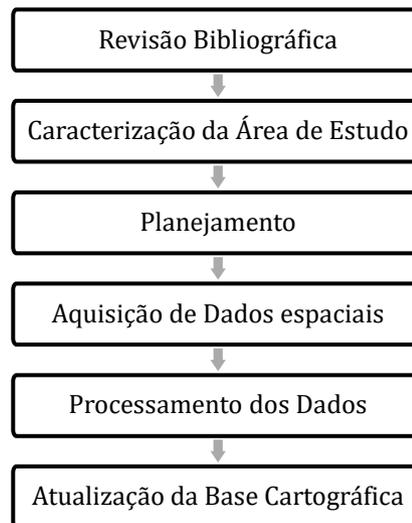
Nesta sessão são apresentados os materiais e métodos empregados no desenvolvimento deste trabalho. A metodologia adotada baseou-se numa análise da atualização da

base cartográfica digital por meio de aeronaves remotamente pilotadas. Para tal, considerou-se a metodologia de Estudo de Caso, visto que essa representa uma forma de apurar tópicos empíricos sobrepondo-os a estratégias preestabelecidas, ligando questões experimentais a eventos contemporâneos (YIN, 2015; GIL, 2002).

considerados importantes para o planejamento urbano, como a regularização fundiária, no qual a atualização de bases cartográficas por meio de RPAs se apresenta como uma alternativa de baixo custo a municípios de pequeno porte. A metodologia adotada foi desenvolvida em etapas, conforme detalhado no fluxograma da Figura 2.

A partir do estudo proposto são sistematizados instrumentos

Figura. 2 – Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autores (2020).

Na etapa de planejamento foram estabelecidas a altura do voo e as porcentagens de sobreposição das fotografias, sendo que estes parâmetros influenciam diretamente na qualidade final dos produtos cartográficos, bem como na determinação do número de linhas de voo que, por sua vez, impactam o consumo de bateria e o tempo de voo. Esta etapa foi desenvolvida com o auxílio do software Map Pilot (vide Figura 3a) e foi adotada a altura de 120 metros e sobreposições de 80%

longitudinal e 70% lateral.

Condições climáticas e características do entorno também precisam ser consideradas nesta etapa, que inclui também a escolha da distribuição dos pontos de apoio no solo, que devem estar alocados na área de forma homogênea e de acordo as características da área. Nesta etapa utilizou-se o Google Earth Pro para estabelecer a posição de 21 pontos de apoio (Figura 3b).

Para a aquisição de dados espaciais a RPA utilizada foi um quadricóptero (drone) da empresa DJI, modelo Phantom 4 PRO e um coletora GNSS Zenith35 Pro (555 canais independentes, Fase da portadora L1/L2 e código C/A e P Precisão:

Horizontal - 0.003 m + 0.1 ppm
Vertical - 0.0035 m + 0.4 ppm) em ambiente Android, por possuir uma autonomia de bateria satisfatória para a área de cobertura e uma câmera que atende as especificações.

Figura 3 – Etapa de planejamento. (a) Plano de voo. (b) Pontos de apoio.



Fonte: Autores (2020).

O processamento dos pontos de apoio foi realizado no software GeoPec e o processamento dos produtos cartográficos, ortomosaico e curvas de nível, foi realizado no software Metashape Photoscan.

A partir destes produtos, a atualização da base cartográfica foi desenvolvida no software livre *QGIS*. Visando a finalidade do estudo de caso para regularização fundiária, os aspectos verificados nos produtos finais se relacionam à:

- i. Padrão de Exatidão Cartográfica;
- ii. Fotointerpretação das feições de interesse;
- iii. Disponibilização de feições de altimetria.

3.1. Padrão de Exatidão Cartográfica

A precisão dos produtos

aerofotogramétricos (restituições, ortofotocartas, ortomosaico, entre outros) tem sua acurácia posicional maior que a dimensão do *pixel* da fotografia aérea convencional, uma vez que os vários procedimentos agregam um conjunto de atributos que atribuem um maior valor ao produto final. Esta precisão cartográfica consiste na menor grandeza medida no terreno, capaz de ser representada no desenho, em uma escala de 1:100, 1:250, 1:500 e etc. Neste sentido, aspectos como acurácia posicional do produto aerofotogramétrico é condicionada por fatores como escala, resolução espacial, apoio terrestre (ponto de apoio em solo), aerotriangulação e restituição estereofotogramétrica (ROCHA, 2001).

Assim, as cartas são classificadas em Classes A, B e C conforme seu

Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), estabelecido no Decreto 89.817 (BRASIL, 1984) e descrito no Quadro 1. Portanto, afim de validar a acurácia posicional horizontal e vertical para fins de atualização

cartográfica, os produtos resultantes do levantamento e processamento foram enquadrados nos critérios do PEC com o auxílio da ferramenta GeoPec (SANTOS, 2019).

Quadro 1: Critérios de Avaliação PEC

Carta	Planimetria		Altimetria	
	PEC - Escala da Carta	Erro Padrão	PEC - Escala da Carta	Erro Padrão
Classe A	0,5mm x Escala	0,3mm x Escala	0,50 x Equidistância	0,33 x Equidistância
Classe B	0,8mm x Escala	0,5mm x Escala	0,60 x Equidistância	0,40 x Equidistância
Classe C	0,1mm x Escala	0,6mm x Escala	0,75 x Equidistância	0,50 x Equidistância

Fonte: Adaptado de Rocha (2001).

3.2. Fotointerpretação das feições de interesse

Visando verificar a viabilidade da utilização da ortoimagem resultante para fins de atualização de base cartográfica, especificamente para regularização fundiária urbana, propôs-se a fotointerpretação das principais feições de interesse para estes fins, destacando-se a vetorização de construções, divisa de lotes, praças, áreas verdes, postes, bocas de lobo, calçadas, vias, arborização de vias, vegetação, cursos d'água, A.P.P., alta tensão, sinalização de trânsito, lombada, entre outros (BRASIL, 2017).

3.3. Disponibilização de feições de altimetria

Outro produto alvo de atualização de base cartográfica tratando-se de regularização fundiária urbana são as curvas de nível do terreno de metro em metro. O produto inicial pós-processamento fornecido pela etapa de aquisição de dados é a nuvem densa de pontos, a partir desta, foi

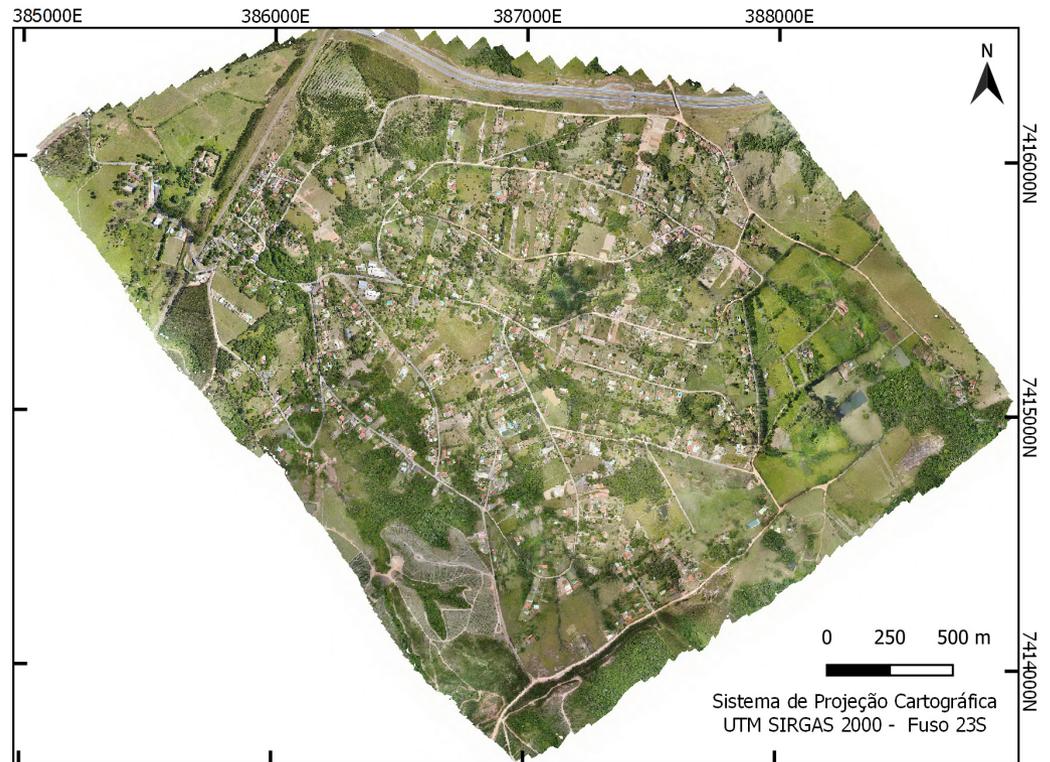
realizada a classificação dos pontos do terreno, no software Metashape Photoscan, permitindo, por fim, exportar as curvas de nível.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo, foram realizados 6 voos, com duração aproximada de 215 minutos ao todo, para cobrir uma área total de 643 hectares, resultando numa coleta total de 713 fotos. O tempo médio de processamento dos produtos cartográficos foi de 540 minutos, resultando num produto final com tamanho de pixel de 4,1 centímetros e acurácia posicional de 2,98 milímetros na horizontal e 2,78 centímetros na vertical. A Figura 4 se refere ao ortomosaico resultante.

Às coordenadas geográficas que podem ser observadas na Figura 4 foi atribuída precisão cartográfica após a adição dos pontos de apoio no solo. Ao todo, foram utilizados 21 pontos de apoio que, após processados no software GeoPec, atribuíram PEC Classe A para os produtos resultantes.

Figura 4 - Recobrimento Aerofotogramétrico da área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

Nas figuras 5b e ,6b verifica-se a qualidade geométrica da ortofoto gerada e processada pelos parâmetros previamente estabelecidos. É possível identificar o potencial da utilização dessas imagens, visto a qualidade da resolução espacial obtida em uma escala de representação consideravelmente grande no que concerne à outros materiais cartográficos existentes no mercado atualmente.

Um dos principais gargalhos da fotogrametria tradicional é o elevado custo e procedimentos burocráticos para aquisição dos

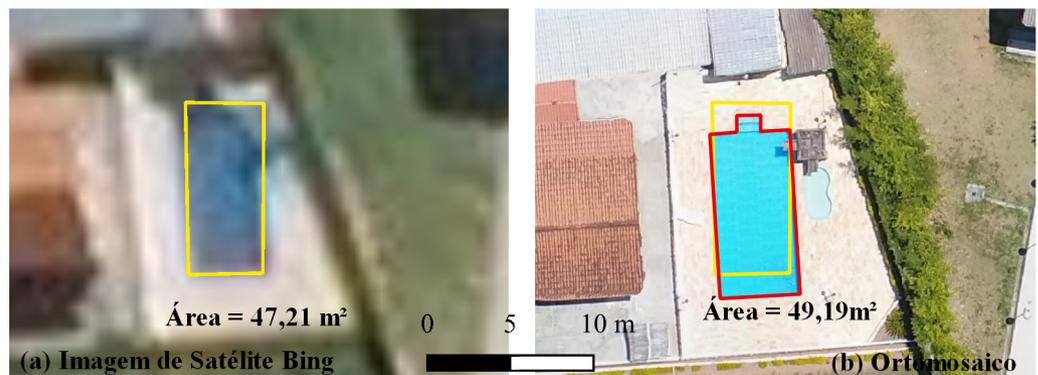
produtos, o que inviabiliza seu uso para pequenas/médias áreas e locais intensamente urbanizados. Em prefeituras de municípios de pequeno porte, por exemplo, cuja arrecadação não comporta a compra de aerofotografias tradicionais ou imagens de satélite com resolução espacial suficiente para fins de cadastro técnico e ambiental, muitas vezes recorre-se aos exaustivos trabalhos de campo ou utiliza-se produtos disponíveis gratuitamente, como imagens do Landsat, Google Earth ou Bing (ver Figuras 5a e 6a), o que inviabiliza análises com alto nível de detalhamento.

Figura 5. Comparação na escala 1:1000 entre imagem de satélite Bing (a) e ortomagem (b).



Fonte: Autores (2020).

Figura 6. Comparação na escala 1:500 entre imagem de satélite Bing (a) e ortofoto (b).



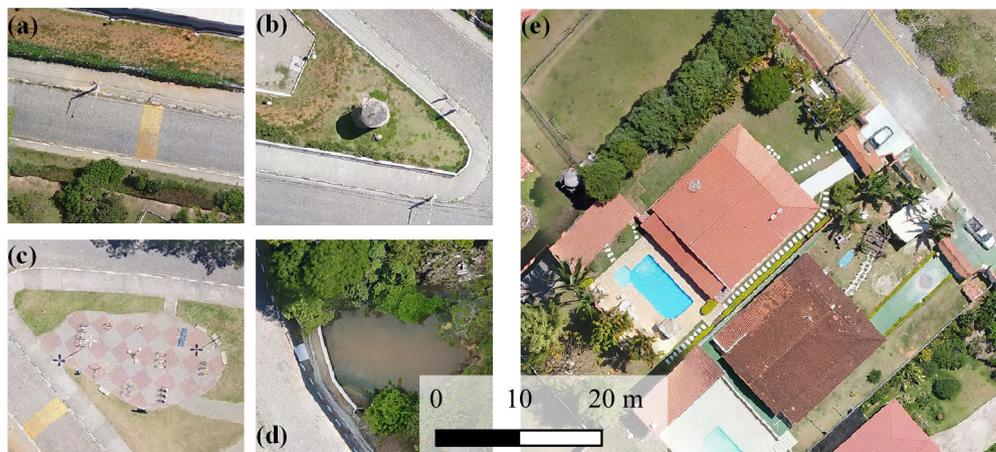
Fonte: Autores (2020).

Um outro aspecto relevante no que diz respeito à regularização de unidades habitacionais urbanas está relacionada à delimitação (vetorização) e mensuração de propriedades e construções, o que pode ser considerada uma vantagem para ortomagens RPAs, uma vez que o tamanho dos pixels se encontra na proporção dos centímetros. A Figura 6 compara a delimitação e a área resultante de uma piscina na imagem do Bing e na Ortomagem resultante.

Além disso, de acordo com a Lei de Regularização Fundiária Urbana (BRASIL, 2017), que em seu Artigo 35 aponta os requisitos mínimos para projetos de regularização fundiária, verifica-se que a ortofoto resultante se mostrou eficaz na identificação das "unidades, as construções, o sistema viário, as áreas públicas, os acidentes geográficos e os demais elementos caracterizadores do núcleo a ser regularizado", como demonstrado na Figura 7. Uma limitação da

ortofoto que ainda não dispensa a visita a campo é o levantamento da numeração das unidades habitacionais e identificação dos usos comerciais e residenciais, bem como a confirmação da quantidade de pavimentos de cada unidade habitacional.

Figura 7. Identificação de infraestruturas existentes na área em escala 1:1000. (a) Poste, sistema viário e lombada; (b) Caixa d'água; (c) Área Pública/praçã; (d) Sistema de drenagem/boca de lodo e represa; (e) unidades, divisa de propriedades e construções.



Fonte: autores (2020).

Outro requisito da Lei de Regularização Fundiária Urbana (BRASIL, 2017) é o estudo preliminar de conformidades com questões ambientais. Para tal, é essencial a identificação de fragmentos de vegetação, cursos d'água e nascentes. Dentro desse cenário, destacam-se as normas ambientais voltadas a proteção das Áreas de Proteção Permanente (APPs), conceituadas como "áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com função de preservar e proteger os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, o solo e o bem estar da população" (BRASIL, 1965), inseridas no Novo Código Florestal, aprovado como Lei n. 12.651 (BRASIL, 2012).

Essas questões, muitas vezes não são contempladas por estudos e

relatórios que utilizam imagens de satélite de baixa resolução, como por exemplo o Landsat. A Figura 8 é um exemplo da possibilidade de identificação de represas, cursos d'água e fragmentos da vegetação inseridos ou não em áreas de APP. Também é possível observar locais em as APPs sofreram intervenção por meio de usos antrópicos e usos construtivos.

Vale ainda ressaltar que existem algumas limitações na fotointerpretação relacionadas à feições ambientais. Uma delas diz respeito à identificação de nascentes, que não dispensa visita a campo para confirmação de sua localização. Outra se refere à identificação das espécies, quando requerido por órgão ambiental responsável, e delimitação

de alguns cursos d'água quando recobertos por vegetação densa.

Em relação ao uso e ocupação da área de estudo, é possível observar que a mesma possui alguns equipamentos, como torres de rádio, fios de alta tensão e um sistema viário que acompanha grande parte de sua extensão territorial, além da passagem de uma rodovia. Ainda é possível observar alguns corpos hídricos na região (cursos d'água, represas e lagoas).

regionais fomentam e induzem o uso e ocupação da área, embora de modo ilegal, uma vez que possui inúmeros equipamentos urbanos. O fato de a região fazer parte da área de atuação de empresas prestadoras de serviços de energia elétrica e de saneamento facilita a acessibilidade à infraestrutura básica pelas ocupações ali estabelecidas. A Figura 9 apresenta o uso e ocupação da área, destacando o tipo de ocupação predominantemente residencial do tipo chácaras de recreio.

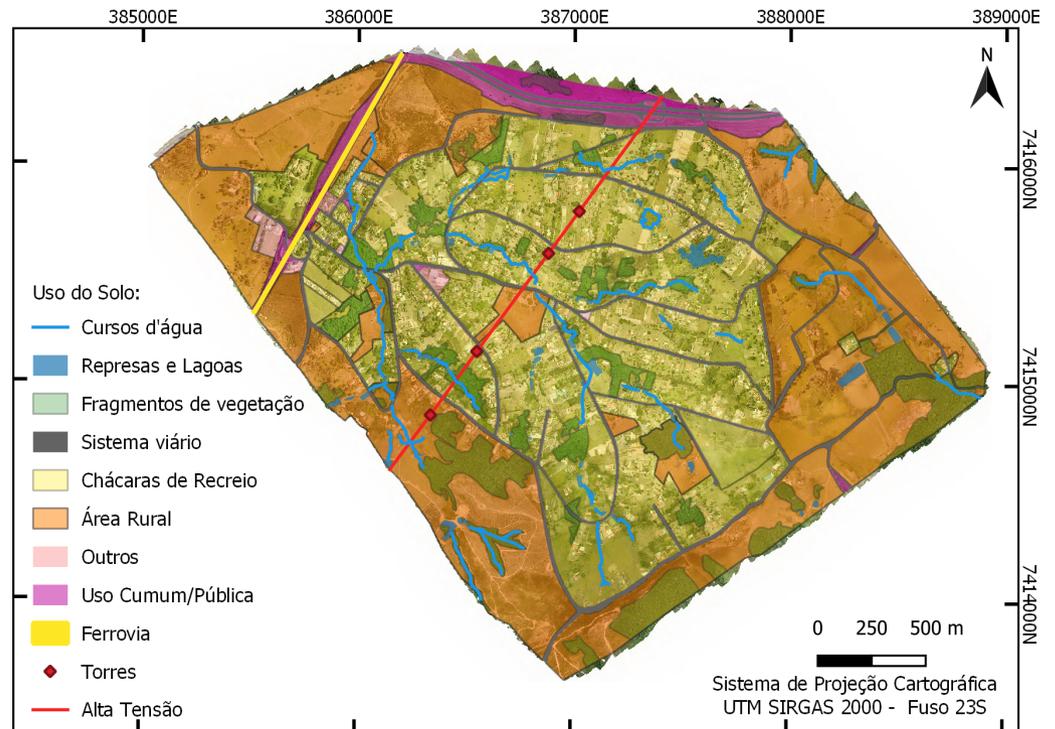
Desse modo, observa-se que as condicionantes socioespaciais

Figura 8. Delimitação de feições ambientais existentes na área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

Figura 9. Uso do solo na área de estudo.

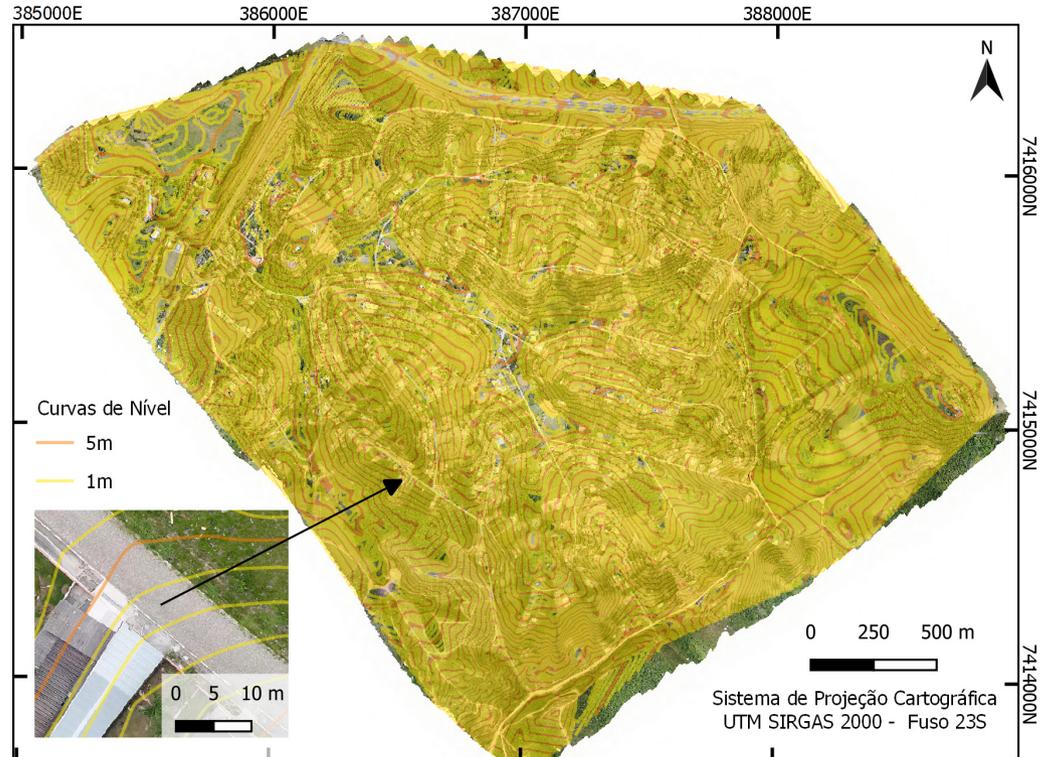


Fonte: Autores (2020).

Por fim, a Lei de Regularização Fundiária Urbana (BRASIL, 2017) exige o levantamento planialtimétrico georreferenciado. No caso das RPAs, dentre a diversidade de produtos altimétricos possíveis, modelos digitais de elevação e curvas de níveis estão entre os mais desejados. No caso da atualização de base cadastral para fins de regularização fundiária, as curvas de nível são mais comuns e, cabe salientar que somente após a atribuição dos pontos de apoio é que as cotas passam a ser

altitudes ortométricas e, portanto, consideradas georreferenciadas. No caso específico da área de estudo, as curvas resultantes são de intervalo de 1 metro (vide Figura 10), o que permite análises em escalas locais, sendo possível observar acidentes geográficos naturais e artificiais, como por exemplo, erosões e voçorocas, sistemas viários excessivamente íngremes e avaliação do sistema de drenagem urbana.

Figura 10. Ortomosaico e curvas de nível.



Fonte: Autores (2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados comprovaram a aplicabilidade dos produtos provenientes de RPAs para fins de atualização cartográfica planialtimétrica georreferenciada, bem como para subsidiar os mapeamentos e análises exigidos durante o processo de regularização fundiária urbana. Além disso, a ortofoto e as curvas de nível resultantes apresentaram resolução espacial satisfatória para a realização de estudos e análises de unidades habitacionais, infraestrutura urbana existente, aspectos ambientais, uso do solo e estudo da topografia local.

Foi possível verificar que o uso das RPAs para geração de imagens,

curvas de nível e fotointerpretação se mostrou uma importante ferramenta para análise da gestão territorial e planejamento urbano. O estudo levantou também questões que necessitam de um maior enfoque, visto que a expansão urbana no território brasileiro está em contínua movimentação, principalmente em municípios de pequeno e médio porte que tem como característica central a expansão urbana acelerada.

Dentre essas questões, observa-se a regularização fundiária urbana, que carece de ferramentas para sua viabilização e soluções de suas problemáticas socioeconômicas e de infraestrutura urbana. Por um lado,

destacam-se regiões periféricas que carecem de infraestrutura e ficam expostas à situação de risco, como deslizamentos de terra. Por outro, empreendimentos de alto padrão que se desenvolvem sem regularização, como a Represa Billings.

Assim, a utilização das RPAs também se mostra uma alternativa à gestão de problemas históricos referentes a habitação e regularização de terras, visto que sua utilização permite a análise do uso e ocupação do solo em melhor acurácia, menor escala espaço-temporal. Considerando que a escassez de recursos financeiros em prefeituras de municípios de pequeno porte muitas vezes é um fator limitante para a regularização fundiária urbana e atualização de base cartográfica de forma geral, esta ferramenta é promissora devido ao baixo custo de aquisição de dados.

Nesse sentido, essa ferramenta tende também a ter impacto positivo ao auxiliar o processo de tomada de decisões no que tange ao planejamento urbano e ambiental, dando suporte na validação e implementação de novas estratégias. Ainda no que concerne a gestão municipal, uma outra possível aplicação das imagens de RPAs se refere à tributação, possibilitando a atualização dos imóveis municipais e a criação de um banco de dados com informações espaciais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALLAIRE, F.C.J.; LABONTÉ, G.; TARBOUCHI, M.; ROBERGE, V. Recent advances in aerial vehicles real-time trajectory planning. *Journal of Unmanned Aerial Vehicle Systems*, v. 7, n. 4, p. 259-295, 2019. doi: [dx.doi.org/10.1139/juvs-2017-0004](https://doi.org/10.1139/juvs-2017-0004)

BATISTA DE FRANÇA, K. Os gargalos para a provisão habitacional em municípios de pequeno porte: análise do programa Minha Casa, Minha Vida. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 7, n. 3, p. 325-339, 2017. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/Urbe/article/view/22055>. Acesso em: 12 nov. 2020.

BRASIL. *Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Institui o Código Florestal Brasileiro (revogada). Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRASIL. *Decreto n.º 89.817, de 20 de junho de 1984*. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm. Acesso em: 09 nov. 2020.

BRASIL. *Lei n.12.651, de 25 de maio de 2012*. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília: Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 14 nov. 2020.

BRASIL. *Lei n.13.465, de 11 de julho de 2017*. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana. Brasília:

- Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm. Acesso em: 13 nov. 2020.
- CURETON, P. *Digital Twins, smart cities and drones* (1a ed., Vol. 1.). Abingdon: Routledge, 2020.
- DE LIMA RAMIRES, J. C.. Avaliação da Produção Acadêmica sobre Ocupações Irregulares: Contribuições da Geografia Urbana. *Revista Eletrônica Da Associação Dos Geógrafos Brasileiros*, v.1, n. 31, p. 225-259, 2020. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/9844>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- GALLACHER, D. Drone Applications for Environmental Management in Urban Spaces: A Review. *International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning*, v. 3, n. 4, p. 1-14, 2016. DOI: doi.org/10.24102/ijslup.v3i4.738
- GIL, A.C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (4a ed.) São Paulo: Atlas, 2002.
- IBGE. *Censo Brasileiro de 2010*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- IBGE. *Perfil dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.
- IBGE. *Cidades e Estados*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020.
- LIM, S.-H.; CHOI, K.-M.; CHO, G.-S. A Study on 3D Model Building of Drones-Based Urban Digital Twin. *Journal of Cadastre & Land InformatiX*, v. 50, n. 1, p.163-180, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22640/lxsiri.2020.50.1.163>
- LOLIVE, J.; OKAMURA, C. Política Pública da Água: o exemplo da pesquisa-ação sobre ocupações irregulares em áreas protegidas na Bacia Hidrográfica do Reservatório do Guarapiranga em São Paulo. In: GUTIERREZ, D. (org.) *Seminários das águas da Amazônia: Coletânea, Manaus*: IMPA, 2020.
- MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. *Urbe. Rev. Bras. Gest. Urbana*, v. 11, e20180142, 2019. doi: doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142
- MBARGA MBARGA, T.C.; ASOGWA, V.N.; OKEKE, F.; NDUKWU, R. Advantages of a Digital Cadastre Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Tool to Support Better Governance and Land Administration in Cameroon: An Exploratory Study. In: FIG Working Week 2020: Smart surveyors for land and water management, 2020, Amsterdam, Netherlands. *Anais...* Amsterdam, Netherlands: FIG, 2020, p. 1-14.
- MOREIRA, T.; TERBECK, M. Planos diretores municipais de pequeno porte no Paraná: Cianorte, Rondon e São Tomé. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 7, n. 2, p. 227-236, 2015. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/Urbe/article/view/5167>. Acesso em 11 nov. 2020.
- PADIAL, F.A.; ALMEIDA, J.R.; RESENDE, J.T.; ROSALEN, D.L. Cadastro Técnico Multifinalitário como Tecnologia Inovadora para Uso em Cidades com Gestão Sustentável.

- REGENT. *Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade Técnica de Piracicaba*, v. 3, n. 1, 2018. Disponível em: <https://fateppiracicaba.edu.br/regent/index.php?journal=FATEP&page=article&op=view&path%5B%5D=19&path%5B%5D=21>. Acesso em 12 nov. 2020.
- PESSOA, L.C.; FILHO, A.A.R.; ROCHA, J.V.V. O Cadastro Multifinalitário como ferramenta no Planejamento Urbano. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 1, p. 915-916, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.44.538-561>
- PINTO, G.R.; SALES, L.G.L.; CAVALCANTI, A.C.G.; PIRES, A.L.; PEREIRA, J.D.A. Levantamento de Dados Matriciais com Aeronaves Remotamente Tripuladas. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 12636-12649, 2018. DOI: doi.org/10.34117/bjdv6n3-214
- ROCHA, M.S.M.; SILVEIRA, R.R. Da Regularização Fundiária das Ocupações Irregulares do Solo Urbano e a Concretização do Direito Social à Moradia. *Revista de Direito Urbanístico, Cidade e Alteridade*, v. 3, n. 2, p. 72-87, 2017. doi: [dx.doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-989X/2017.v3i2.2625](https://doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-989X/2017.v3i2.2625)
- ROCHA, R. S. *Exatidão Cartográfica para cartas digitais urbanas*. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- ROLNIK, R. *Guerra dos Lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças*. São Paulo: Boitempo, 2015.
- SANTOS, A. P. (2019) *GeoPEC*, versão: 3.5.1. Disponível em: <http://www.geopec.com.br/p/software-geopec.html>. Acesso em: 25 out. 2020.
- SEADE. *Banco de Dados de Informações dos Municípios Paulistas*. Departamento Gráfico da Fundação Seade. São Paulo: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2020.
- STAMM, C.; STADUTO, J.A.R.; LIMA, J.F. DE.; WADI, Y.M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. *Interações (Campo Grande)*, v. 14, n. 2, p. 251-265, 2013. doi: doi.org/10.1590/S1518-70122013000200011
- THOMAS, O.; STALLINGS, C.; WILKINSON, B. Unmanned aerial vehicles can accurately, reliably, and economically compete with terrestrial mapping methods. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, v. 8, n. 1, p. 57-74, 2019. doi: doi.org/10.1139/juvs-2018-0030
- VEIGA, J. E. da. *Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula*. Campinas: Editora Autores Associados, 2002. Disponível em: <http://www.econ.fea.usp.br/zeeli/>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DÉAK, C.; SCHIFFER, S. R. (Orgs). *O processo de urbanização no Brasil*. São Paulo: Edusp, 1999. Cap. 6, p. 170-243.
- VILLAÇA, F. *Espaço intra-urbano no Brasil*. 2. ed. São Paulo, SP: Studio Nobel: FAPESP. 2001.
- YIN, R.K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos* (5ª ed.). Porto Alegre: Bookman, 2015.