






PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O GEORREFERENCIAMENTO DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA COM IMAGENS ESFÉRICAS

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE GEOREFERENCING OF STREET TREES USING SPHERICAL IMAGES

Ricardo Luís Barbosa¹, Pedro Paulo Xavier da Costa Dorázio², Marcelo Araújo de Faria³, Alan Kazuo Hiraga⁴, Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis⁵

RESUMO

O mapeamento das árvores nas vias públicas de uma cidade desempenha um papel importante no planejamento e gestão desses recursos naturais. Ao se conhecer a distribuição espacial das árvores e as espécies presentes nesse ambiente, os gestores públicos podem agir de forma mais efetiva no manejo do patrimônio arbóreo do município. Nesse trabalho, foi utilizada uma metodologia semiautomática para georreferenciar os indivíduos presentes em uma região da cidade de São Sebastião do Paraíso-MG com a utilização de um Sistema de Mapeamento Móvel Terrestre equipado com uma câmera esférica que capturou vídeos das vias percorridas. Com a implementação de um Sistema de Informação Geográfica, denominado IntSIG, e a utilização dos vídeos esféricos, foram obtidas imagens georreferenciadas de cada árvore da região levantada. O georreferenciamento foi comparado com uma outra base cartográfica produzida com uma ortofoto da mesma área e computada a raiz quadrada do erro médio quadrático entre as coordenadas planas dos dois georreferenciamentos. O erro foi de 2,46m e desvio padrão de 1,65m o que pode ser considerado adequado para esse tipo de georreferenciamento. Essa metodologia traz a vantagem de poder ser auditada, pois outro operador pode fazer a conferência do mapeamento em escritório, garantindo a completude do levantamento. Além disso, as imagens esféricas de alta resolução permitem uma análise preliminar do estado fitossanitário das árvores e com sucessivos levantamentos, produzir uma série histórica do patrimônio arbóreo da região e que pode ser ampliado para toda a cidade.

Palavras-chave: Imagens esféricas georreferenciadas; Árvores urbanas; Mapeamento terrestre.

ABSTRACT

The mapping of trees on the streets of a city plays an important role in the planning and management of these natural resources. By knowing the spatial distribution of trees and the species present in this environment, public managers can act more effectively in managing the municipality's tree heritage. In this work, a semi-automatic methodology was used to georeference the individuals present in a region of São Sebastião do Paraíso-MG city, using a Terrestrial Mobile Mapping System equipped with a spherical camera that captured videos of the streets. With the implementation of a Geographic Information System, called IntSIG, and the use of spherical videos, georeferenced images of each tree in the surveyed region were obtained. Georeferencing was compared with another cartographic base using an orthophoto, and the square root of the mean square error (RMS) between the planar coordinates of the two georeferencing was computed. The error was 2.46 meters, with a standard deviation of 1.65 meters, which can be considered adequate for this type of georeferencing. This methodology offers the advantage of being auditable, as another operator can verify the mapping in the office, ensuring the completeness of the survey. Furthermore, the high-resolution spherical images enable a preliminary analysis of the trees' phytosanitary conditions, and through successive surveys, it is possible to produce a historical series of the region's arboreal assets, which can be expanded to encompass the entire city.

Keywords: Georeferenced spherical images. Urban trees. Terrestrial mapping.

Recebido em 24.06.2026 e aceito em 19.12.2025

1 Matemático. Doutor. Professor. Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo/MG. Email: rluisbarbosa@ufu.br

2 Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo. Graduado. Engenheiro. Dorázio Engenharia e Projetos. Araguari/MG. Email: pedro.dorazio@outlook.com

3 Arquiteto. Mestre. Arquiteto. Universidade Federal de São João Del Rei. São João Del Rei/MG. Email: eojibr@gmail.com

4 Ciência da Computação. Mestre. Diretor Geral. Integral Soluções Ltda. Presidente Prudente/SP. Email: alan@integralsol.com.br

5 Engenheiro Cartógrafo. Doutor. Professor. Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo/MG. Email: rodrigogallis@ufu.br

INTRODUÇÃO

Uma parte da arborização urbana é composta pelas árvores que são plantadas nas calçadas das ruas e avenidas além dos canteiros centrais e podem ser consideradas como parte do patrimônio público de uma cidade. As árvores contribuem com o paisagismo urbano, para a redução do calor, absorção das águas das chuvas e também com o bem-estar dos cidadãos, além de outros benefícios.

Em geral, na maioria das pequenas cidades do Brasil, as prefeituras não possuem um cadastro com a localização e características das árvores plantadas nas calçadas para que possam executar um correto manejo dos indivíduos e propor políticas públicas de aumento dessa vegetação.

Um cadastro atualizado pode ajudar na prevenção de acidentes, como quedas de galhos e troncos que possam causar danos materiais e financeiros. Outro aspecto importante é com relação a fiação elétrica e com a iluminação pública, pois a noite, árvores próximas aos pontos de iluminação podem diminuir a visibilidade noturna para pedestres e veículos, além de aumentar a sensação de insegurança.

O primeiro passo para um cadastro das árvores nas vias públicas urbanas de uma cidade é o levantamento da distribuição espacial dos indivíduos e quais são as espécies presentes no ambiente, para possibilitar ao gestor público uma atuação eficiente no gerenciamento da arborização urbana.

Existem várias metodologias para a realização do mapeamento das árvores nas ruas e avenidas de uma cidade, que é o primeiro passo para um inventário arbóreo, o qual irá orientar as atividades futuras de manejo dos indivíduos.

Na mancha urbana principal da cidade de Monte Carmelo-MG, aproximadamente 7 mil árvores nas calçadas foram mapeadas com um Sistema de Mapeamento Móvel Terrestre (SMMT) de baixo custo, equipado com quatro câmeras RGB e com sistema de posicionamento e navegação inercial integrados (BARBOSA et al., 2018).

Atualmente, o uso de câmeras esféricas tem sido empregado para o mapeamento de cenas urbanas e interiores de edifícios (JIANG et al., 2024). Com o Google Street View a visualização de feições ao nível das ruas e a visão com imagens esféricas foi popularizada (ANGUELOV et al., 2010; BRUNO; RONCELLA, 2019; BILJECKI; ITO, 2021) porém essas imagens não são disponibilizadas gratuitamente, além de não terem periodicidade adequada para certas regiões, principalmente em pequenas e médias cidades e nas regiões periféricas do Brasil.

Laummer et al. (2020) usaram imagens do Google Street View para atualizar a geolocalização de árvores, utilizando a base de endereços do Google Maps. Os autores usaram a rede neural Fast R-CNN para detecção das árvores nas imagens esféricas do Google Street View. Aplicando a metodologia em bases de dados de 48 municípios da Califórnia-EUA, conseguiram associar corretamente o endereço de 56% das árvores daquela base de dados.

Com um sistema estático montado sobre um veículo com um par de câmeras com sobreposição adequada, Roberts et al. (2019) usaram medidas fotogramétricas do tronco das árvores e realizaram o posicionamento das mesmas. Também relataram o baixo custo quando comparado com um sistema laser.

Outra câmera esférica de baixo custo, a Samsung Gear 360 (BARAZZETTI; PREVITALI; RONCORONI, 2017) foi utilizada em ambiente interno para reconstrução 3D e o melhor resultado que os autores alcançaram foi uma precisão de 10mm quando comparado com o escaneamento a laser.

Previtali et al. (2023) realizaram um levantamento em um ambiente externo com uma câmera esférica de 5.7K Insta ONE X2 e fizeram diversos experimentos de levantamento entre eles o método RTK e obtiveram uma precisão de 17,1cm em 4 pontos de checagem.

Nesse trabalho, o objetivo foi propor uma metodologia para mapear árvores nas calçadas das vias urbanas, utilizando um sistema de mapeamento móvel equipado com uma câmera 360 de baixo custo, que filmou as ruas por onde o sistema transitou. Em seguida, com um sistema implementado em C#, ambiente Visual Studio e com a biblioteca DotSpatial, as árvores foram identificadas visualmente pelo operador e georreferenciadas na base cartográfica de uma região da cidade de São Sebastião do Paraíso-MG.

Para fins de comparação da qualidade do posicionamento e da completude do mapeamento, foi realizado no mesmo dia do levantamento terrestre, um levantamento aéreo com uma aeronave remotamente pilotada (ARP) equipada com uma câmera RGB e com as imagens aéreas capturadas com a ARP foi produzida uma ortofoto sobre a qual as árvores foram vetorizadas e consideradas como o posicionamento correto dos indivíduos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma região do município de São Sebastião do Paraíso localizado na região sudoeste do estado de Minas Gerais. A região da cidade escolhida para o levantamento incluiu parte dos bairros Jardim Cidade Nova e Residencial Morumbi. O sistema computacional implementado para georreferenciar as árvores utilizando os vídeos 360 foi chamado de IntSIG, que necessita de uma base cartográfica inicial com os quarteirões e calçadas vetorizadas e para isso, foi utilizada uma ARP Phantom 4 Advanced, para realizar um recobrimento aéreo e produzir uma ortofoto da área.

Essa ARP é equipada com uma câmera RGB de 8,8mm de distância focal nominal, resolução geométrica de 4864 x 3648 pixels e sensor com 11,407 mm x 8,556 mm, a região foi sobrevoada com altura de voo planejada de 120m, sobreposição lateral de 65% e longitudinal de 75%.

Foram tomadas 137 fotos e todas foram usadas para a produção da ortofoto com o software Pix4D (Pix4D, 2024), Versão Trial e o GSD (Ground Sample Distance) resultante foi de 4,42 cm, que cobriu uma área aproximada de 36 hectares.

Os quarteirões foram vetorizados na ortofoto e o centro da copa das árvores foram também marcados como um ponto para servir de referência ao georreferenciamento com os vídeos (Figura 1).



Figura 1. Georreferenciamento das árvores na região de interesse consideradas como referência para o controle de qualidade com a metodologia proposta.

Figure 1. Georeferencing of the trees in the region of interest considered as reference for quality control using the proposed methodology.

O levantamento terrestre foi planejado com essa base cartográfica, com um sistema implementado em C# que gerencia e otimiza o percurso do deslocamento durante o levantamento. O sistema também controla as vias percorridas, utilizando um banco de dados implementado em MySQL. Esse controle foi realizado pelo operador do sistema, que visualizava em tempo real o posicionamento do veículo. Além do operador do sistema, um motorista dirigiu o veículo com a orientação da navegação informada pelo operador.

O sistema também armazenava as coordenadas GNSS e a orientação da câmera com uma taxa de 1HZ. Esses dados de posicionamento e orientação foram usados para sincronizar o vídeo com o posicionamento e conseqüentemente proporcionar o georreferenciamento de qualquer objeto presente na cena filmada.

O sistema executa um algoritmo eficiente para percorrer as vias no menor tempo possível, para isso, é necessário também cadastrar o sentido das vias, utilizando informações do Google Maps e se necessário, durante o levantamento, alterar esse dado, caso o operador encontre divergência durante o levantamento. A Figura 2 ilustra a interface desse sistema de controle das vias levantadas.

O levantamento foi realizado com uma câmera Garmin Virb 360, que possui duas lentes para a captura de vídeos 360. A câmera foi instalada no teto do veículo de modo que cada lente ficou voltada para um lado da rua. A gravação dos vídeos foi realizada com uma taxa de 30 quadros por segundo, em formato MP4 e resolução de 3840 x 2160 pixels.

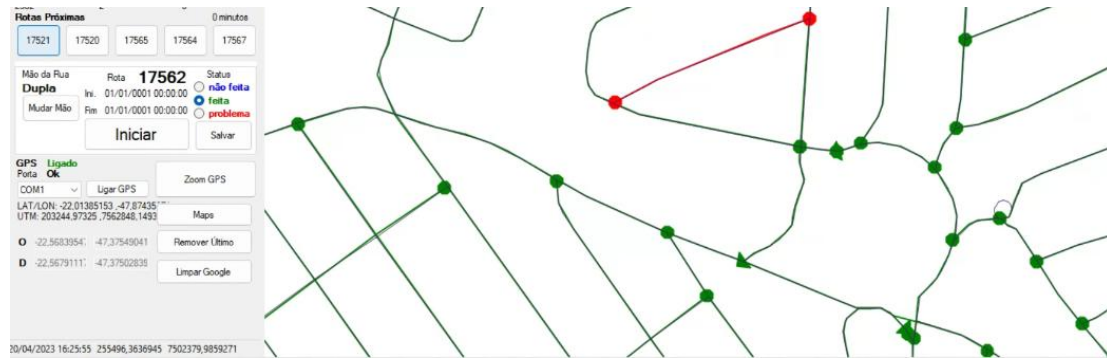


Figura 2. Interface para realização do planejamento e controle das vias filmadas.
Figure 2. Interface for planning and monitoring of filmed roadways.

Após o levantamento, em escritório, e com a utilização do software implementado IntSIG, os vídeos foram georreferenciados na base cartográfica produzida com a ortofoto, integrando os dados de posicionamento (latitude, longitude, altitude) e de orientação (rotações nos três eixos cartesianos)

Com o sistema, o operador reproduzia o vídeo e ao identificar uma árvore, ele pausava o vídeo, rotacionava a câmera para enquadrar a árvore. A Figura 3 mostra um caso em que existem duas árvores identificadas no vídeo. O círculo vermelho identifica a fachada da residência em frente a qual a árvore está plantada. Os círculos em verde ilustram as árvores já georreferenciadas.



Figura 3. Identificação e georreferenciamento de uma árvore com um vídeo.
Figure 3. Identification and georeferencing of a tree using a video.

Com o vídeo sendo reproduzido, o operador podia pausar, rotacionar a câmera com o mouse, fazer a ampliação ou redução da imagem, mudar a inclinação da visualização para que a árvore pudesse ser completamente enquadrada na foto (Figura 4). Para registrar a coordenada, o operador clicava no ícone da máquina fotográfica e na shape. Esse clique na shape é o posicionamento daquela árvore na base cartográfica e o clique na máquina fotográfica armazenava no banco de dados o tempo (minuto e segundo) além da identificação do vídeo, para o posterior processamento e geração da foto da árvore.



Figura 4. Ilustração do procedimento de georreferenciamento de árvores com o IntSIG com uma árvore do lado esquerdo (a) e do lado direito ao deslocamento (b).

Figure 4. Illustration of the tree georeferencing procedure using IntSIG with a tree on the left side (a) and on the right side (b).

Ao assistir todos os vídeos e identificar as árvores o processo se encerra. O que fica armazenado no banco de dados localmente são os dados do vídeo (identificação, minuto, segundo, a orientação da câmera e o nome do operador) e as coordenadas geográficas (E, N) de cada árvore.

Após analisar todos os vídeos, uma rotina é executada para produzir uma imagem (foto) de cada uma das árvores georreferenciadas. As imagens são no formato JPEG e as coordenadas geográficas são gravadas nos campos exif de cada uma delas.

Para verificar a precisão do georreferenciamento com o software IntSIG, as coordenadas das árvores mapeadas com a ortofoto foram tomadas como referência e comparadas, através da distância euclidiana plana, com as coordenadas obtidas com o georreferenciamento com as imagens esféricas do mapeamento móvel terrestre.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gravados 27 vídeos para levantar toda a região, com um tempo total de 22 minutos e 14 segundos de gravação, e uma média de 49 segundos por vídeo. O total de árvores identificadas e georreferenciadas que estavam nas calçadas foi de 240 árvores, quantidade igual a que foi identificada na ortofoto.

A Figura 5 ilustra a imagem de uma árvore com o mosaico 360, que é a costura das duas imagens obtidas com a câmera Virbe 360.



Figura 5. Mosaico de uma árvore obtido do vídeo 360 com o IntSIG.
Figure 5. Mosaic of a tree obtained from 360 video with IntSIG.

A Figura 6 mostra a interface do IntSIG, onde o usuário identifica uma árvore em um vídeo (A), posiciona o vídeo de forma perpendicular ao deslocamento (B) e clica no botão de uma câmera fotográfica (C), nesse momento, a imagem recortada do vídeo (D) aparece e é armazenado no banco de dados a identificação do vídeo, o tempo (minuto e segundo), o ângulo de rotação e inclinação da imagem, além de ser criada a shape na base cartográfica (E).

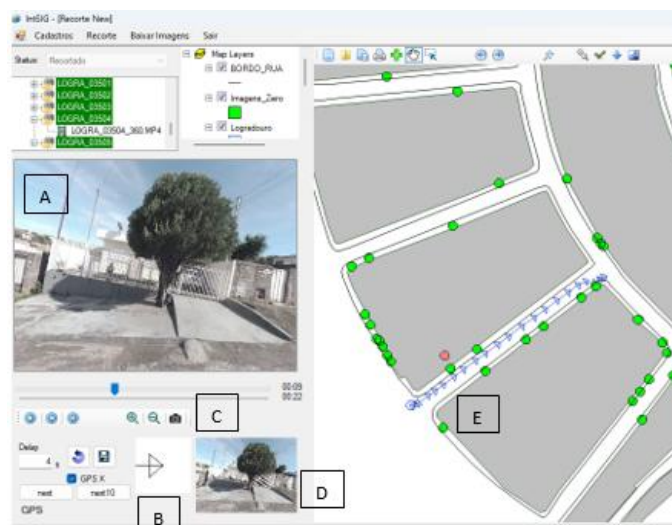


Figura 6. Identificação da árvore (a), posicionamento do vídeo (b), extração da imagem com o vídeo (c) e (d), georreferenciamento (e).
Figure 6. Tree identification (a), video positioning (b), image extraction with video (c) and (d), georeferencing (e).

Um usuário pode verificar as imagens georreferenciadas ao clicar sobre qualquer shape, como no caso da Figura 7 (seta em vermelho mostra a shape escolhida). A imagem é visualizada, como o nome do vídeo (rua), o operador (na figura o nome foi apagado) e a identificação da imagem

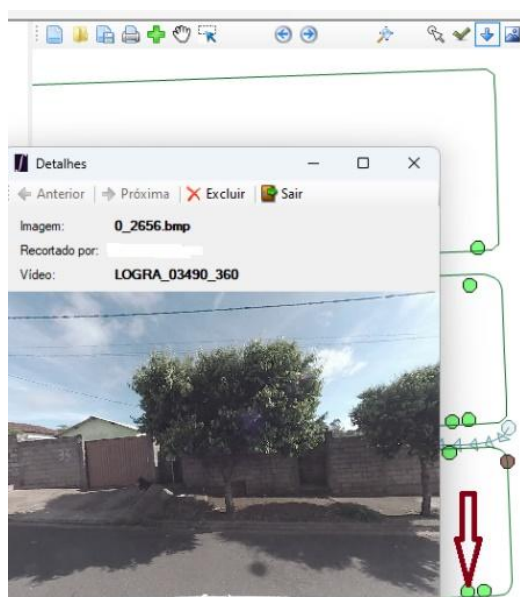


Figura 7. Ilustração do posicionamento na base cartográfica de uma árvore georreferenciada.
Figure 7. Illustration of the positioning of a georeferenced tree on the cartographic base

A Figura 8 mostra o exemplo de uma quadra com as árvores (em amarelo) espacializadas sobre a ortofoto e o georreferenciamento com o IntSIG (em vermelho). O menor erro em toda a base foi de 0,6m e o maior de 5,5m (ilustrado pela seta na Figura 8).



Figura 8. Exemplo da discrepância entre as duas metodologias com o maior erro existente no processamento
Figure 8. Example of the discrepancy between the two methodologies with the largest error in processing

Após finalizado o georreferenciamento, o usuário pode gravar as imagens das árvores em disco no formato jpeg (Figura 9). Essa rotina varre o banco de dados e recupera as informações do nome do vídeo e da posição (minuto e segundo), além das coordenadas geográficas, gravando cada imagem com as respectivas coordenadas geográficas.

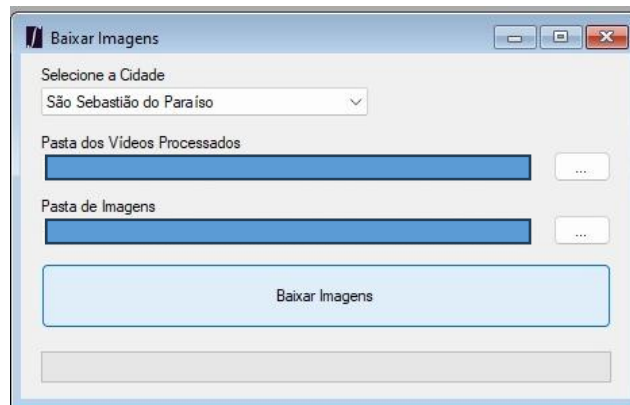


Figura 9. Interface do IntSIG para gerar as imagens das árvores.
Figure 9. IntSIG interface for generating tree images.

Um exemplo de imagem gravada com as coordenadas de latitude e longitude pode ser visualizado na Figura 10.

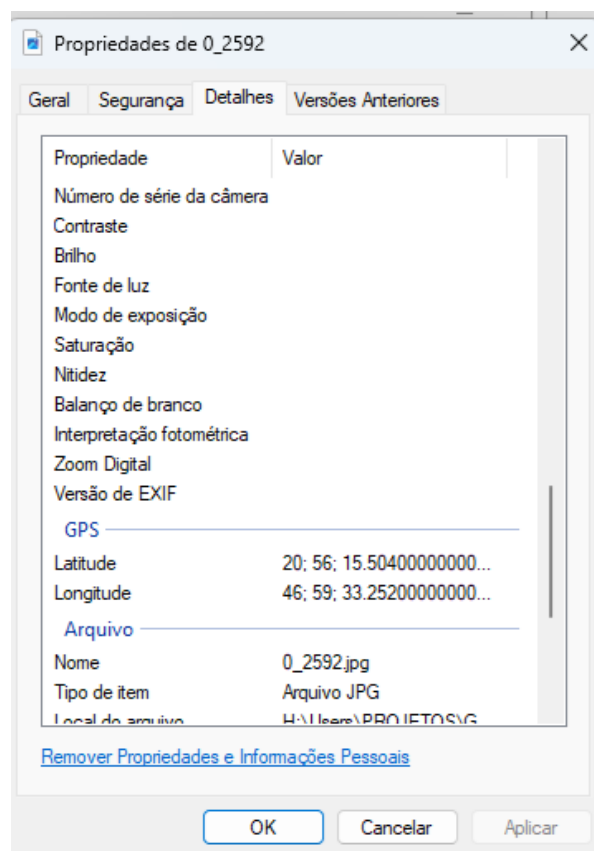


Figura 10. Exemplo de uma imagem com as coordenadas no Exif do arquivo jpeg.
Figure 10. Exemplo de uma imagem com as coordenadas no Exif do arquivo jpeg.

Um resumo estatístico da qualidade do posicionamento é apresentado na Tabela 1 com as estatísticas descritivas para as árvores georreferenciadas com a ortofoto e com a metodologia aqui proposta.

Tabela 1. Estatísticas descritivas entre a diferença do georreferenciamento com a ortofoto e com o mapeamento terrestre.

Table 1. Descriptive statistics between the difference in georeferencing with orthophoto and terrestrial mapping.

RQEMQ(m)	N=240
Mínimo	0,11
Máximo	8,43
Média	2,46
Mediana	1,97
Desvio padrão	1,65

A Figura 11 mostra o georreferenciamento das árvores da região mapeada na cidade de São Sebastião do Paraíso, MG com a metodologia proposta.

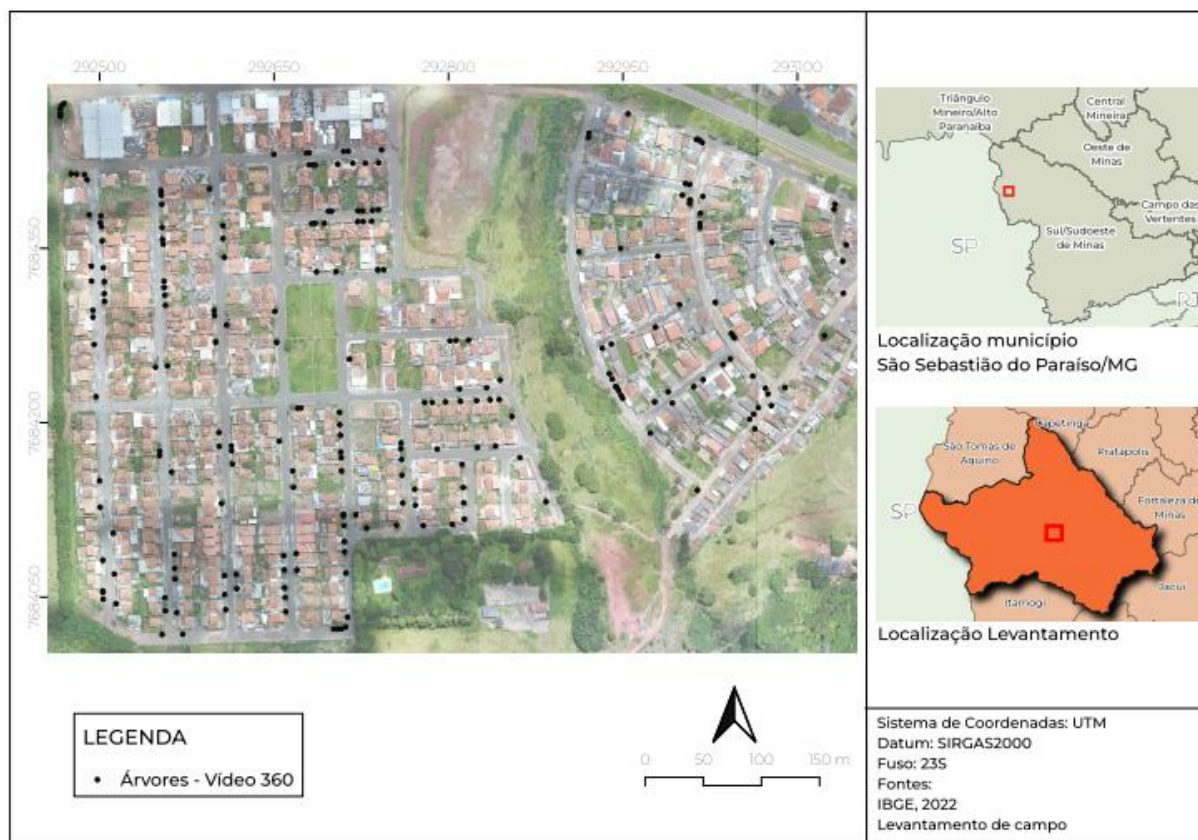


Figura 11. Mapa com a localização das árvores de uma região da cidade de São Sebastião do Paraíso-MG

Figure 11. Map showing the location of trees in a region of the city of São Sebastião do Paraíso-MG

O Google Street View é um provedor de imagens esféricas ao nível da rua (ANGUELOV et al., 2010), porém, em pequenas cidades como a que foi realizado esse levantamento, o bairro em questão tem imagens disponíveis de 2011 e 2022, ou seja, para fins de cadastro inicial ou monitoramento não é viável para atender uma gestão eficiente do manejo dos indivíduos.

A captura das imagens do Google Street View é feita com 15m de espaçamento, ao contrário do levantamento realizado nesse trabalho, onde o levantamento foi produzido com um vídeo que coletava as imagens com uma taxa de 30 quadros por segundo, o que possibilitou um espaçamento muito menor entre as imagens para o mapeamento.

Uma revisão realizada sobre o uso de imagens do Google Street View (BILJECKI; ITO, 2021) classificou 250 artigos em 10 (dez) tipos de aplicações, entre elas a vegetação ao nível da rua. Nesses trabalhos os autores usaram as imagens para comparar algum algoritmo de detecção e classificação de espécies e não para o georreferenciamento, que é o propósito desse artigo.

Um dos poucos trabalhos que avaliaram a detecção e o posicionamento das árvores com dados do Google Street View integrando com imagens aéreas do Google Maps (BRANSON et al., 2018) conseguiram uma precisão de 2m em cerca de 70% dos casos e os autores não descrevem as estatísticas descritivas desses dados para comparação.

Um experimento com um par de câmeras montado em um veículo (ROBERTS et al.; 2019) e integrado com GPS modelou o diâmetro do peito das árvores. Eles estacionavam o veículo e faziam a foto de cada indivíduo. Os autores não relataram a discrepância resultante e sim a discrepância nas componentes X e Y. A média de erro em Y foi de -0,49m e em X de -0,48m, superior ao posicionamento desse trabalho, porém o par de fotos para a reconstrução fotogramétrica era obtido com o veículo parado em frente à árvore e não utilizou vídeo.

CONCLUSÃO

Nesse trabalho, foi proposta uma metodologia com um sistema de mapeamento móvel terrestre de baixo custo, equipado com uma câmera esférica de vídeo integrada com sensores GNSS e INS para filmar as ruas de uma região da cidade de São Sebastião do Paraíso.

Com a câmera esférica, é possível o operador visualizar o entorno da árvore para propor ações e manejo dos indivíduos. Também com o vídeo 360, o operador pode ter uma estimativa do tamanho da árvore e da sua estrutura, além de poder identificar a espécie. Nessa implementação, não está disponível essa opção, mas em trabalhos futuros ela será implementada.

Poucos trabalhos na literatura científica utilizam esse tipo de metodologia de baixo custo e os resultados mostraram uma precisão média no georreferenciamento das árvores presentes nas ruas de 2,5m que é um resultado útil para esse tipo de levantamento, pois permite a um fiscal ou operador de campo localizar com facilidade a árvore.

Alguns aspectos podem ser investigados para aumentar a precisão do georreferenciamento, como por exemplo, implementar uma intersecção fotogramétrica para que o operador clique em um ponto na árvore, adiante o vídeo, e clique no mesmo ponto, para que com o par de fotocoordenadas e conhecidos os elementos de orientação exterior (posição e

orientação da câmera) se possa estimar a coordenada da árvore, sem depender da subjetividade do operador em clicar corretamente na shape da base cartográfica.

Em trabalhos futuros, além do cadastro dos indivíduos com sua respectiva espécie, outras informações serão implementadas, com dados qualitativos de uma inspeção visual, para indicar possíveis visitas a campo da equipe de manejo do patrimônio arbóreo.

Outra questão importante, que esse trabalho possibilita, é que com as imagens esféricas ao nível da rua, é possível avaliar a vegetação urbana com um índice de visualização de verde, conforme proposto em (Li et al.; 2015). Esse índice dá uma estimativa da percepção que o pedestre tem da vegetação nas calçadas e é importante para a gestão da paisagem urbana.

O uso da imagem aérea nesse trabalho foi utilizada para verificar a qualidade do posicionamento com o mapeamento terrestre, mas abre também a possibilidade da investigação de metodologias para integrar as duas informações, tanto para melhorar o posicionamento terrestre, quanto para medir a copa das árvores e conseqüentemente ter uma estimativa da cobertura dessa vegetação, que juntamente com o índice de visualização de verde, possibilitará mais dados e informações sobre o patrimônio arbóreo da cidade.

A metodologia proposta nesse trabalho é inovadora em nível nacional, pois poucos trabalhos com esse escopo existem na literatura nacional. Também são poucos os trabalhos na literatura internacional que utilizam imagens ao nível da rua para o georreferenciamento das árvores, que são de grande importância nos tempos atuais de extremos climáticos pois existe uma cobrança sobre as prefeituras para melhorias na gestão do patrimônio arbóreo das cidades.

REFERÊNCIAS

ANGUELOV, D.; DULONG, C.; FILIP, D.; FRUEH, C.; LAFON, S; LYON, R.; OGALE, A.; VINCENT, L.; WEAVER, J. Google Street View: capturing the world at street level. **Computer**, v. 43, n. 6, p. 32-38, 2010.

BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; RONCORONI, F. 3D modelling with the Samsung Gear 360. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, v. XLII-2/W3, 2017. **Anais...**p. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-85-2017>

BARBOSA, R. L.; GALLIS, R. B. A.; HIRAGA, A. K.; SILVA, F. A. Quantificação e georreferenciamento semiautomático de árvores urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.13, n.4, p.41-53, 2018.

BILJECKI, F.; ITO, K. Street view imagery in urban analytics and GIS: A review. **Landscape and Urban Planning**, v. 215, Article 104217, p. 1-20, 2021.

BRANSON, S.; WEGNER, J. D.; HALL, D.; LANG, N.; SCHINDLER, K.; PERONA, P. From Google Maps to a fine-grained catalog of street trees. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.135, p.13-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.11.008>

BRUNO, N.; RONCELLA, R. Accuracy assessment of 3D models generated from Google Street View. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, v. XLII-2/W9, 2019. **Anais...**p. 181–188. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-181-2019>

JIANG, S.; YOU, K.; LI, Y.; WENG, D.; CHEN, W. 3D reconstruction of spherical images: a review of techniques, applications, and prospects. **Geospatial Information Science**, v. 27, n.6 p. 1959-1988, 2024.

LAUMER, D.; LANG, N.; VAN DOORN, N.; MAC AODHA, O.; PERONA, P.; WEGNER, J. D. Geocoding of trees from street addresses and street-level images. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 162, p.125-136, 2020.

LI, X.; ZHANG, C.; LI, W.; RICARD, R.; MENG, Q.; ZHANG, W. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.14, n.3, p.675-685, 2015.

PIX4D. Try Pix4D software for free. 2024. Disponível em: <https://www.pix4d.com/try-software>
Acesso em: 15 mai 2024.

PREVITALI, M.; BARAZZETTI, L.; RONCORONI, F.; CAO, Y.; SCAIONI, M. 360° Image orientation and reconstruction with camera positions constrained by GNSS measurements. In: INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, v. XLVIII-1/W1, 2023. **Anais...**p. 411–416. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-411-2023>

ROBERTS, J.; ANDREW, K.; AMR, A. E.; BENJAMIN, W.; GAIL, H.; SHAWN, L.; ALI, P. Mobile Terrestrial Photogrammetry for Street Tree Mapping and Measurements. **Forests**, v. 10, n. 8, p. 701-716, 2019.