

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA (IG)
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA
***CAMPUS* MONTE CARMELO**

JOSÉ CARLOS DE MORAES PIRES

**LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS FACHADAS DOS TRAJETOS CENTRO
E JARDIM ZENITH NA CIDADE DE MONTE CARMELO – MG UTILIZANDO
CÂMARA PANORÂMICA 360°**

Monte Carmelo

2020

JOSÉ CARLOS DE MORAES PIRES

**LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS FACHADAS DOS TRAJETOS CENTRO
E JARDIM ZENITH NA CIDADE DE MONTE CARMELO – MG UTILIZANDO
CÂMARA PANORÂMICA 360°**

Trabalho de conclusão de curso, como exigência parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis.

Monte Carmelo

2020

JOSÉ CARLOS DE MORAES PIRES

**LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO DAS FACHADAS DOS TRAJETOS CENTRO
E JARDIM ZENITH NA CIDADE DE MONTE CARMELO – MG UTILIZANDO
CÂMARA PANORÂMICA 360°**

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis, UFU
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa, UFU
(Convidado)

Guilherme Zavatti Cecatto, UFV
(Convidado)

Homologado pelo Colegiado do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica em:

_____/_____/_____

Coordenador do Curso de Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica

Monte Carmelo

2020

DEDICATÓRIA

*À minha mãe Angelina, meus irmãos, aos amigos e os professores
por todo apoio e incentivo na conclusão do curso, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde e pela força nos momentos difíceis vividos durante a graduação.

Agradeço a minha mãe Angelina, pelo incentivo em perseverar na graduação, do mesmo modo que me incentivou quando cursei o ensino técnico. Na época, o fato de me dizer “continue no curso”, possibilitou-me colher bons frutos e creio que no futuro, após a graduação, outros bons frutos virão.

Agradeço aos amigos Guilherme, Jefferson e Adelson, pelo companheirismo, pelas longas conversas sobre a vida, o modo de enxergar os problemas e a superação de obstáculos.

Aos membros convidados: Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa e o Eng. MSc. Guilherme Zavatti Cecatto por aceitarem participar na banca de defesa do TCC II.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis, por ter mostrado o caminho da cartografia quando eu era técnico em desenho mecânico, tendo como primeiro ensinamento: “mantenha os arquivos georreferenciados”. Agradeço pela amizade e companheirismo, pelo aprendizado, incentivo e orientação durante a graduação.

Agradeço a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

RESUMO

Toda e qualquer cidade passa por transformações ao longo dos anos, e a falta de planejamento ocasiona problemas como a ocupação irregular, saneamento básico precário, falta de manutenção das vias públicas e a não atualização do uso e ocupação do solo, que podem ocasionar perdas de receita para o município. Para que se possa resolver esses problemas, há uma importante ferramenta para a gestão municipal, que auxilia na fiscalização e no planejamento das cidades, denominado Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), que congrega informações geoespaciais e documentais, sobre suas características físicas, jurídicas e econômicas. Nesse contexto, os Sistemas de Mapeamento Móvel (SMM) é uma importante ferramenta para aquisição dessas informações espaciais. Esse sistema possibilita a obtenção de imagens georreferenciadas das fachadas dos imóveis e das condições das vias públicas. Baseado nessas premissas, o presente trabalho visou a utilização de um SMM dotado de uma câmara panorâmica esférica, capaz de coletar imagens georreferenciadas das fachadas dos imóveis e das condições do pavimento, nos trajetos Centro e Jardim Zenith na cidade de Monte Carmelo-MG. Foi possível verificar os tipos de ocupação presentes nas vias de cada trajeto, condições do pavimento e da sinalização. A foto-fachada é um dado valioso para o Cadastro Técnico Multifinalitário. Por meio dela é possível cadastrar em um banco de dados geográfico, características acerca do imóvel que não são possíveis visualizar na ortoimagem de um município.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Mapeamento Móvel, Foto-fachada, imagem panorâmica.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCD	Charge-Coupled Device
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
DCL	Data Collection Ltd.
GPS	Global Positioning System
INS	Inertial Navigation System
LaMMov	Laboratório de Mapeamento Móvel
MP	Mega Pixel
QGIS	Quantum Geographic Information System
ROMDAS	ROad Measurement Data Acquisition System
SMM	Sistemas de Mapeamento Móvel
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
LASER	Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
UMMD	Unidade Móvel de Mapeamento Digital
UTM	Universal Transverse Mercator
CTM	Cadastro Técnico Multifinalitário

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – GPSVan.....	15
Figura 2 – Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMD) desenvolvida na FCT/Unesp.	16
Figura 3 - Imagem panorâmica.....	18
Figura 4 - Conceito inicial Street View.	18
Figura 5 - Câmara Dodeca 2360.....	19
Figura 6 - Sistema R2 Street View.	19
Figura 7 - Sistemas utilizados pelo Google Street View.	20
Figura 8 - Cobertura global do Google Street View.....	20
Figura 9 - Medições e extração de informações IntSIG 360.	21
Figura 10 - Sistema de Mapeamento Terrestre ROMDAS.....	22
Figura 11 - Medições de inventário e pavimentação sistema ROMDAS.....	22
Figura 12 – Medições de inventário e pavimentação sistema ROMDAS.	23
Figura 13 - Sensor Imajbox 3TX.....	23
Figura 14 - Identificação e cadastro de equipamentos das vias.....	24
Figura 15 - Medição de equipamentos de vias férreas.	24
Figura 16 - Fluxograma da metodologia.	25
Figura 17 - Câmara Ladybug.....	26
Figura 18 - IMU/GNSS da marca Xsens.	27
Figura 19 - Panorâmica 360 extraída após processamento com o software LadybugCapPro..	28
Figura 20 - Plug-in Import Photos.....	29
Figura 21 - Trajeto Centro.	31
Figura 22 - Trajeto Jardim Zenith.	32
Figura 23 - Sistema de câmaras Ladybug 5 acoplado ao veículo.....	33
Figura 24 - Imagens Panorâmicas – Igreja Nossa Senhora de Fátima.	34
Figura 25 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.	34
Figura 26 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.....	35
Figura 27 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.	35
Figura 28 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas e distinção do tipo de ocupação residencial.....	36
Figura 29 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas e distinção do tipo de ocupação residencial.....	36
Figura 30 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais em construção.....	37

Figura 31 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas comerciais.....	37
Figura 32 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento.	38
Figura 33 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento.	38
Figura 34 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento e sinalização vertical.	39
Figura 35 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento e sinalização vertical.	39
Figura 36 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGis – Trajeto Jardim Zenith.....	40
Figura 37 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGis. Trajeto Centro.	40
Figura 38 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGis. Trajeto Centro.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
3 JUSTIFICATIVA	13
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
4.1 – Fotogrametria.....	14
4.2 - Sistema de Mapeamento Móvel	14
4.2.1 – Aplicações do Sistema de Mapeamento Móvel.....	17
4.2.1.1 Google Street View	17
4.2.1.2 Integral Soluções	20
4.2.1.3 – Sistema ROMDAS	21
4.2.1.4 – <i>Imaging Mobile surveying and mapping solution to railroad</i>	23
5 MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 Material a ser utilizado no levantamento de campo	25
5.1.2 Câmara 360 Esférica	26
5.1.3 <i>GNSS/IMU</i>	26
5.1.4 <i>Software LadybugCapPro</i>	27
5.1.5 <i>QGis</i>	28
5.2 MÉTODOS	30
5.2.1 Levantamento de campo.....	30
6 RESULTADOS	33
6.1 Imagens Panorâmicas Georreferenciadas	33
7 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Na cartografia, a integração de tecnologias digitais vem proporcionando novas opções de abordagem de problemas recentes ou já conhecidos, resultando no surgimento de outros produtos ou serviços distintos dos que já existem e exigindo cada vez mais recursos humanos qualificados. O mapeamento móvel, que como estado da arte, vem incorporando avançadas tecnologias recentes, como os sensores de varredura a laser terrestre e câmaras integradas para a obtenção dados de forma rápida e acurada (GALLIS, 2002).

As constantes mudanças que ocorrem nos centros urbanos e a carência de atualização destas, impõe a necessidade de se aplicar novas técnicas e metodologias de levantamento. Uma das possibilidades são os Sistemas Móveis de Mapeamento ou Sistemas de Mapeamento Móvel (SMM), metodologia de levantamento que integra sensores de posicionamento e imageamento, permitindo o mapeamento pormenorizado do mundo real (GALLIS, 2002).

Um SMM é uma plataforma móvel, em geral, um veículo automotor, que recebe distintos sensores de mapeamento, navegação, de posicionamento, de mensuração e de aquisição de imagens que são integrados em um sistema que produz imagens georreferenciadas dos lugares por onde transita (TAO e LI, 2007). A pesquisa em desenvolvimento de sistemas de mapeamento móvel data de meados de 1980, onde os pioneiros foram os centros de mapeamento da *Ohio State University* nos Estados Unidos e *Calgary University* no Canadá.

A comunidade científica usava diversos termos para caracterizar esta área de pesquisa, tais como, mapeamento dinâmico, mapeamento baseado em veículo e levantamento cinemático. Contudo, após o primeiro Simpósio Internacional em Tecnologia de Mapeamento Móvel, realizado na *Ohio State University*, em 1997, ficou estabelecido que o termo de uso geral seria Mapeamento Móvel (SILVA et al. (2003).

A metodologia dos SMM foi desenvolvida devido à necessidade da realização de inventários das rodovias e corredores de tráfego das cidades, assim como o de mapeamento dos mesmos. Câmaras e sistemas de posicionamento e navegação como *Global Positioning System (GPS)* e *Inertial Navigation System (INS)* foram integrados e acoplados em veículos com o propósito de utilizar os dados em conjunto para mapear rodovias e seus entornos. Em geral um sistema de mapeamento móvel consiste na integração de sensores para que se possa

fazer a navegação e a coleta de dados. Esses sensores são classificados em duas categorias: posicionamento e mapeamento (TAO; CHAPMAN; CHAPLIN, 2001). Os sensores de posicionamento podem ser externos ou internos. Um exemplo de sensor de posicionamento externo é o *GPS* e de sensor interno o *INS*. Já os sensores de mapeamento são classificados em passivos e ativos. Os sensores passivos consistem no registro da radiação eletromagnética refletida pelos objetos e tem-se como exemplo câmeras de vídeo, câmeras fotográficas, sistema de sensoriamento remoto, dentre outros. Contudo, os sensores ativos são aqueles que fazem a cobertura ou varredura dos objetos através da energia eletromagnética gerada pelo próprio sensor e refletida pelo objeto como por exemplo os radares e o *laser scanner*.

Os sensores de posicionamento podem fornecer em sincronismo, a orientação exterior dos sensores de mapeamento, de tal forma que a reconstrução tridimensional pode ser efetuada diretamente utilizando pontos ou feições correspondentes.

Objetos encontrados nos entornos das vias como, fachadas de imóveis, postes, árvores, equipamentos de captação de água, podem ser diretamente medidos e mapeados através das imagens obtidas pelos sistemas, e que posteriormente são georreferenciadas utilizando os dados dos sensores de navegação e posicionamento.

O uso dos sensores de navegação e posicionamento, juntamente com os sensores de imageamento que constituem os SMM tiveram um grande impacto na forma de coletar informações e mapear rodovias, ruas e ferrovias, fazendo com que a partir dos anos 90, uma série de sistemas deste tipo se tornassem comerciais. Segundo Silva et al. (2003), contabilizavam-se cerca de 23 sistemas presentes em quase todos os continentes.

Nos últimos anos, tem-se observado um crescimento na utilização e no desenvolvimento dos SMM. Tais fatores estão diretamente ligados aos avanços tecnológicos de imageamento digital e de posicionamento e navegação.

O potencial de informações que podem ser abstraídas da análise dos dados coletados em campo, utilizando-se esta metodologia de coleta, pode tornar-se útil para o estudo das mais diversas finalidades., tendo em vista a necessidade de monitoramento de áreas que estão sujeitas as constantes intervenções humanas.

2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi gerar uma base cartográfica contendo informações cadastrais e imagens coletadas com um Sistema de Mapeamento Móvel, nos trajetos Centro e Jardim Zenith. A finalidade de uma base cartográfica é permitir que o usuário possa extrair informações referentes aos imóveis no entorno das vias, bem como desenvolver metodologia de avaliação, classificação e diagnóstico socioeconômico, fundamentos essenciais para o Cadastro Técnico Multifinalitário.

3 JUSTIFICATIVA

Imagens terrestres das fachadas dos imóveis são uma importante ferramenta para gestão. Elas possibilitam ao administrador a comprovação do que está realmente construído num determinado imóvel. Isso é realizado por meio do gerenciamento de um banco de dados, que constitui em imagens terrestres, vinculadas a uma base cartográfica, mais especificamente a *shape* do imóvel a que ela está vinculada, contendo informações sobre os logradouros, bairros, proprietário do imóvel, valor venal, área construída, dentre outros.

Contudo, o SMM não é a única ferramenta que possibilita a elaboração de um banco de dados para o CTM. Ele é comumente utilizado com a aerofotogrametria. Através da extração de imagens do voo, é possível realizar a restituição dos principais vetores como vias, passeio, divisa de imóveis, sistema elétrico e arborização, tendo como produto a base cartográfica do município,

Assim é possível realizar o ordenamento territorial, a classificação dos tipos de imóveis existentes (uso domiciliar, institucional, comercial e outros), facilita a análise de carências e o planejamento da infraestrutura na área urbana, onde estão localizados os bairros residenciais, industriais e comerciais. Além disso, melhora a compreensão da distribuição espacial dos equipamentos comunitários como escolas e postos de saúde, e para quais direções do município deve-se direcionar a sua expansão. No caso deste trabalho, o intuito foi utilizar uma metodologia de coleta de vídeos para fornecer imagens de alta resolução geométrica que auxiliaram na classificação de imóveis, bem como na identificação das condições de pavimento.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 – Fotogrametria

Segundo Kasser e Egels (2002), a fotogrametria pode ser definida como a técnica de mensuração que possibilita a criação de um modelo tridimensional do espaço através do uso de imagens 2D. Os métodos fotogramétricos podem ser utilizados nas mais diferentes situações em que os objetos a serem mensurados podem ser fotografados. *A priori*, o propósito primordial das medições fotogramétricas é a reconstrução tridimensional de um objeto em formatos digital, representado por coordenadas e gráficos, como imagens e mapas (LUHMANN et al., 2013).

Até a década de 60 a definição de Fotogrametria era: "ciência e a arte de obter medidas confiáveis por meio de fotografias" (*American Society of Photogrammetry*). Com o advento de novos tipos de sensores uma definição mais abrangente de Fotogrametria foi proposta em 1979 também pela *American Society of Photogrammetry*, como sendo: "Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes" (GALLIS et al., 2002).

Segundo Luhmann (2013), sistemas fotogramétricos fornecem coordenadas de objetos tridimensionais obtidos por meio da medição de imagens. O autor ainda menciona que estas imagens possuem dados que descrevem o estado em que o objeto se encontra no momento em que foi tirada a foto. A partir das ortofotos geradas por meio da Fotogrametria, pode-se obter informações das propriedades do objeto como quantitativo de área, distâncias, características da superfície do objeto, dentre outros. Por final, pode-se que o uso dos sistemas fotogramétricos possui uma vasta gama de aplicações nas mais diferentes áreas como a engenharia civil, arquitetura, medicina, análise forense, dentre outras.

4.2 - Sistema de Mapeamento Móvel

Os sistemas de mapeamento móvel podem ser compreendidos como uma unidade de imageamento e posicionamento cinemático capaz de coletar e armazenar informações acerca das feições terrestres e a sua localização no globo. Assim afirma Gallis (2002, pág. 02):

Os sistemas móveis de mapeamento podem ser definidos como plataformas móveis sobre as quais são integrados sistemas de posicionamento e de imageamento para prover rápida e eficiente a coleta de informações sobre os atributos do espaço objeto a partir de imagens.

O surgimento dos primeiros sistemas de mapeamento móvel remonta a década de 80 tendo como precursores a *Ohio University* e *Calgary University*. No centro de mapeamento da *Ohio University* localizada na capital *Columbus*, foi desenvolvido o sistema *GPSVan*, que consistia em dois receptores *GPS* que forneciam a posição da Van, duas câmeras *CCD* responsáveis pela aquisição de imagens, duas câmeras de vídeo coloridas dentre outros sistemas e *softwares* para gerenciamento das operações e circulação de dados. Todos os componentes foram integrados a uma Van modelo *Chevrolet Suburban*, que ainda possuía um dispositivo de contagem de movimento, que continham dois giroscópios e um odômetro nas duas rodas dianteiras. Primeiro protótipo: *Ohio State University / GPSVan* – Bossler, 1991, como pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 – *GPSVan*.



Fonte: Bossler e Goad (1991).

O primeiro protótipo de um sistema de mapeamento móvel brasileiro teve suas raízes na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP). O programa foi iniciado em 1997 com a pesquisa para desenvolvimento de mapeamento digital que consistia basicamente em móvel (veículo) e fixo (laboratório).

O segmento móvel como mostra a Figura 2, consistia na integração de um sistema que composto por veículo automotor do modelo *VW Kombi*, um receptor *GPS* da marca *Reliance*, duas câmeras digitais modelo *Sony DSR 200 A*, um *notebook Fujitsu* e uma série de dispositivos para conexão e operação da Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMMD) (SILVA et al., 2003; SILVA et al., 2001).

O segmento fixo era constituído pelo Laboratório de Mapeamento Móvel (LaMMov). O local foi designado para o processamento dos dados *GPS* e imagens das câmeras coletadas

durante o levantamento da unidade móvel de mapeamento. O processamento resultou na confecção de mapas topográficos, temáticos e a geração de um banco de dados das imagens georreferenciada.

Figura 2 – Unidade Móvel de Mapeamento Digital (UMD) desenvolvida na FCT/Unesp.



Fonte: FCT/Unesp (1998).

Os SMM podem ser definidos como plataformas com múltiplos sensores (imageamento e posicionamento), que integrados, servem para coletar dados (imagens, coordenadas e atitude) continuamente e providenciam posicionamento tridimensional (3D) de objetos presentes na cena, assim como a trajetória percorrida pelo veículo, por exemplo. SMM incluem sistemas montados em satélites, aeronaves e plataformas terrestres. As pesquisas nesta área têm-se concentrado nas seguintes aplicações:

- Emprego dos SMM no mapeamento de rodovias e áreas urbanas;
- Reconhecimento automático de placas de sinalização de rodovias;
- Integração de imagens aéreas com a trajetória terrestre dos SMM para orientação de imagens e detecção de mudanças (atualização) em mapas.

O SMM tem como principal característica a integração entre sensores de imageamento digital e de posicionamento (*GPS* e *INS*). Entre outras características dos SMM, destacam-se:

- Capacidade de determinar coordenadas tridimensionais de feições com base em imagens, sem a necessidade de pontos de controle espacial no terreno (OLIVEIRA, 2003), apenas com processo de fototriangulação;

- Rapidez na coleta de informações em campo, propiciando uma considerável redução dos custos com tempo de levantamento;
- Bom desempenho em áreas em que não haja obstrução do sinal *GPS* devido obstáculos (como árvores, viadutos, grandes construções).

4.2.1 – Aplicações do Sistema de Mapeamento Móvel

Há uma enorme gama de possibilidades para o emprego do SMM em soluções de engenharia. Além da possibilidade da coleta de imagens das fachadas dos imóveis urbanos para compor uma base de dados do CTM, pode-se mencionar o emprego do sistema a no monitoramento nos modais de transporte como rodovias e ferrovias.

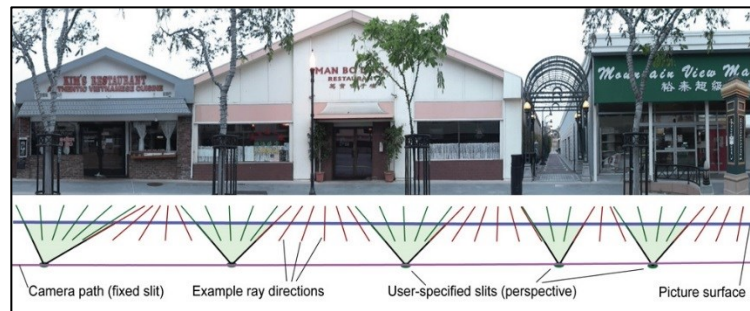
O setor de transportes é de extrema importância para o escoamento de produção e locomoção de pessoas, e por isso é necessária uma manutenção constante das condições do pavimento, trilhos, sinalização horizontal e vertical, bem como as condições das obras de arte, estações de passageiros, galpões de armazenagem e dos aspectos ambientais que circundam as vias.

A falta de manutenção das redes de transporte pode resultar na perda de produtividade, afetando diretamente a economia, visto que os modais rodoviário e ferroviário, segundo a Confederação Nacional dos Transportes - CNT (2018), são responsáveis por 61,4% e 20,7% do transporte de cargas no Brasil, respectivamente. Além disso, gera impactos negativos no fluxo de pessoas, seja no meio urbano ou no trajeto entre as cidades. A seguir tem-se alguns exemplos de Sistema de Mapeamento Móvel Terrestre utilizados nas redes de transporte que possibilitam o monitoramento e o cadastro, contribuindo para uma melhor gestão desses ativos anteriormente mencionados.

4.2.1.1 Google Street View

O *Street View*, tão popular hoje, teve sua origem em meados de 2001 em um projeto denominado *The Stanford CityBlock Project* da *Stanford University*, patrocinado pelo *Google*. *Larry Page*, cofundador do *Google*, entregou ao grupo de estudo um vídeo-tape que ele mesmo havia capturado enquanto dirigia pela área da Baía de São Francisco, com o propósito de que conseguissem resumir o vídeo em algumas imagens. O método que foi utilizado para resolver o problema proposto por *Larry Page*, foi denominado "panoramas de múltiplas perspectivas", como é exemplificado pela Figura 3.

Figura 3 - Imagem panorâmica.



Fonte: Stanford University (2020).

Na fase inicial do *Street View*, entre os anos de 2006 e 2007, foi utilizado uma van *Chevrolet*, equipada com scanners a laser frontal e lateral, duas câmeras de vídeo de alta velocidade, oito câmeras de alta resolução, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Conceito inicial *Street View*.



Fonte: Trek View (2020).

No ano de 2006 o *Google* fez uma parceria com a empresa especializada em vídeos 360°, a *Immersive Media*. Essa parceria resultou no projeto *GeoImmersive City Collect* (Coletânea da Cidade GeoImersiva), que consistia em percorrer as ruas das principais cidades dos Estados Unidos e do Canadá, utilizando de veículos *Volkswagen New Beetle*, equipados com câmeras de vídeos 360° *Dodeca 2360* (Figura 5), tendo como produto final, imagens em formato JPG extraídas dos frames dos vídeos capturados por essas câmeras. Contudo, após o envolvimento inicial com a *Immersive Media*, o *Google* optou por lançar sua própria frota para aquisição das imagens, denominado R2, composta por oito câmeras de 11 *megapixels* com lentes grande-angulares fotográficas comerciais, como mostra a Figura 6.

Figura 5 - Câmara *Dodeca 2360*.



Fonte: *Immersive Media* (2020).

Figura 6 - Sistema *R2 Street View*.



Fonte: *Trek View* (2020).

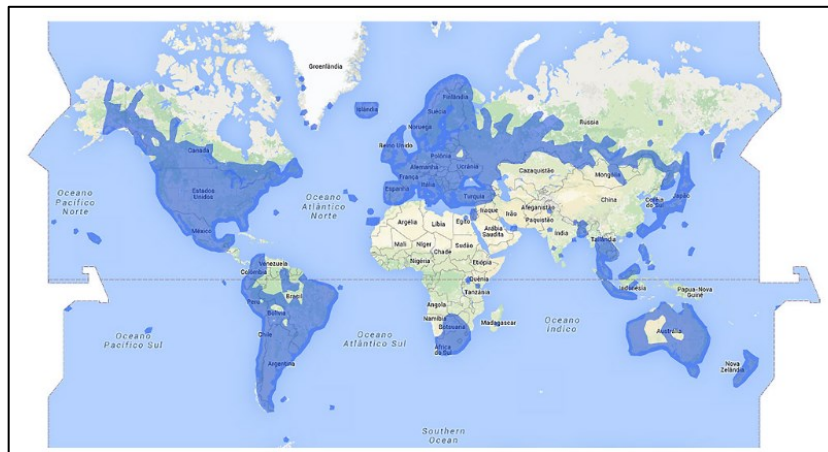
O *Google Street View* teve seu lançamento em 25 de maio de 2007, e no ano de 2009 chegou ao Brasil através de uma parceria com a Fiat, com o propósito de percorrer cerca de 150 mil quilômetros nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Hoje, cerca de 16 milhões de quilômetros foram imageados pelos mais diversos sistemas de câmeras do *Google Street View* (Figura 7) em mais de 83 países (Figura 8).

Figura 7 - Sistemas utilizados pelo *Google Street View*.



Fonte: Img360 (2020).

Figura 8 - Cobertura global do *Google Street View*.



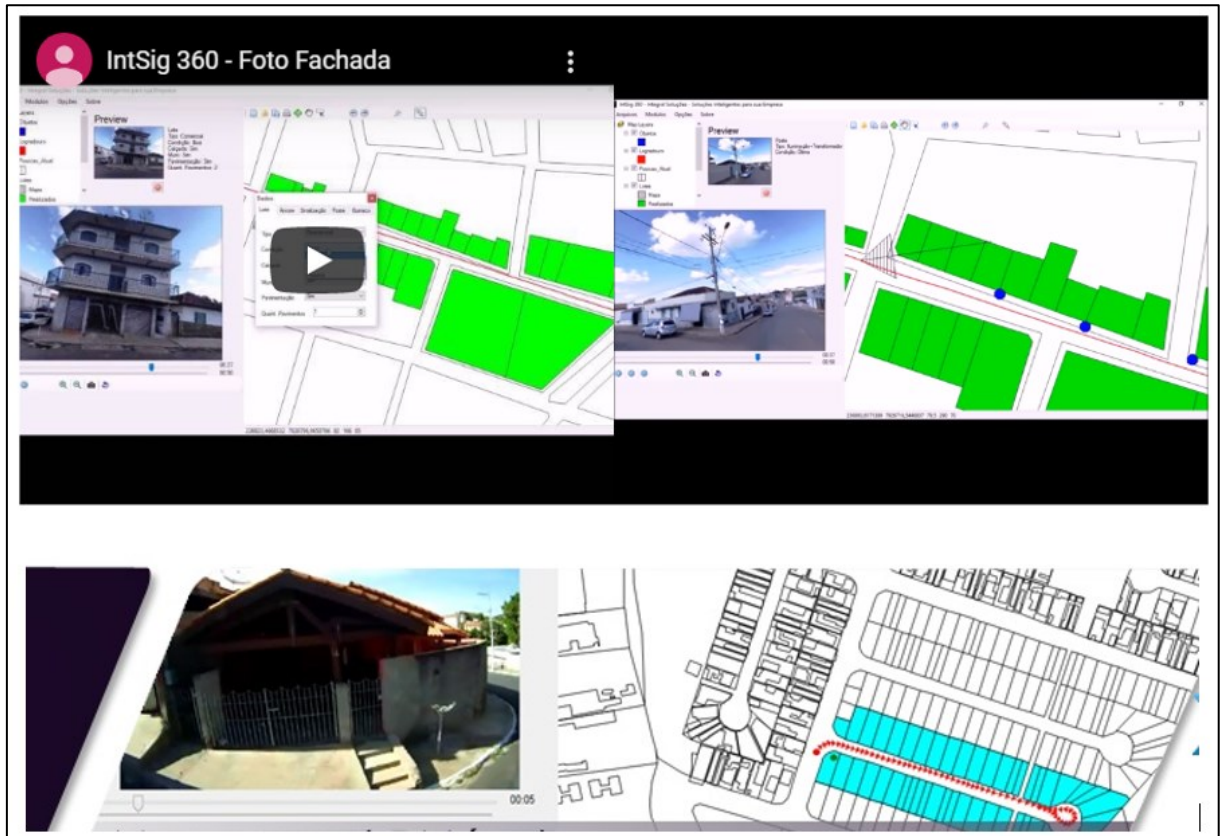
Fonte: Img360 (2020).

4.2.1.2 Integral Soluções

A empresa Integral Soluções conta um SMM para levantamento terrestre de imagens 360° georreferenciadas e de alta resolução, utilizado no mapeamento de rodovias e áreas urbanas. O sistema conta com uma câmara *Ladybug 5*, que tem o objetivo de produzir soluções integradas, robustas e confiáveis, permitindo o desenvolvimento de uma metodologia de aquisição de dados de forma rápida e precisa, cujos dados podem ser integrados a softwares de processamento em conjunto com imagens aéreas de alta resolução, que visam atender a demanda de levantamentos para diversas finalidades. As aplicações gerais para este tipo de levantamento são: inventário de obras de arte, projetos de corredores de tráfego, transportes, projetos de rodovias, mapeamento de túneis, aplicações ambientais,

modelagem de projetos de ruas e imagens de fachadas dos imóveis para fins de CTM, como mostra a Figura 9. Por se tratar de uma tecnologia recente, há uma gama de aplicações e possibilidades a serem descobertas.

Figura 9 - Medições e extração de informações IntSIG 360.



Fonte: Integral (2019).

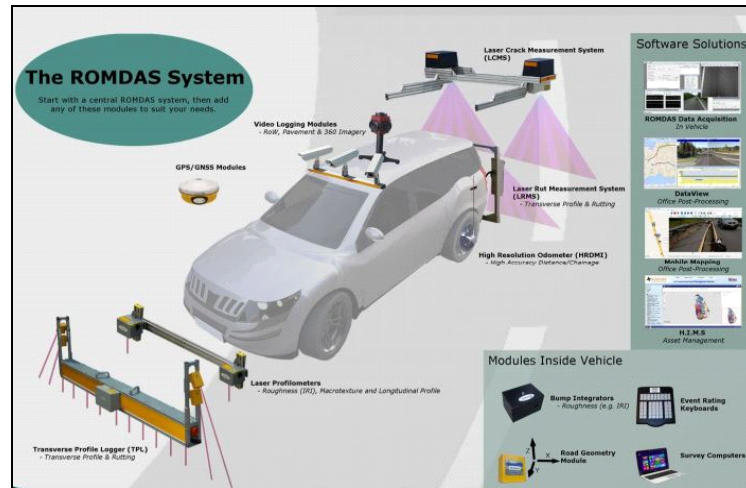
4.2.1.3 – Sistema ROMDAS

A empresa neozelandesa *Data Collection Ltd. (DCL)* desenvolve e fabrica ferramentas para medição e gerenciamento de estradas comercializadas sob a marca *ROMDAS (ROad Measurement Data Acquisition System)*. É um sistema de mapeamento de baixo custo projetado para coletar informações de ativos e pavimentos usando veículos de origem local.

O sistema *ROMDAS* básico inclui os principais componentes de *hardware*, hodômetro, interfaces e licenças do software para coleta de dados de pesquisa. Vale ressaltar que os clientes da *ROMDAS* têm a opção de adicionar módulos a um sistema básico para aquisição de dados adicionais. O projeto desse sistema pode ser instalado em quase todos os veículos permitindo aos usuários customizar um sistema específico para as necessidades de seus

projetos. A Figura 10, apresenta detalhes dos diferentes módulos disponíveis para o sistema *ROMDAS*,

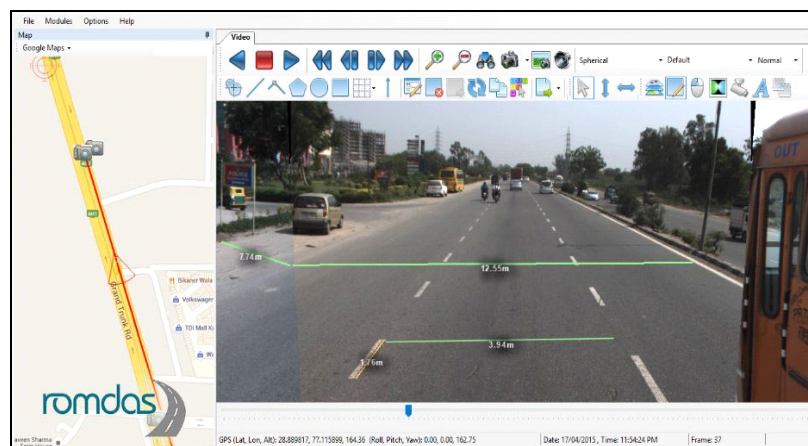
Figura 10 - Sistema de Mapeamento Terrestre *ROMDAS*.



Fonte: ROMDAS (2019).

Uma das aplicações desse sistema consiste na medição de vias urbanas e condições de inventário e pavimento, realizada na cidade de Lima no Peru, como mostra a Figura 11. O sistema é composto de *GPS*, câmeras *ROMDAS ROW* padrão e um SIG que recebe automaticamente as imagens extraídas do software de mapeamento móvel, adicionando *layers* a base, produzindo mapas interativos, detalhados e de fácil acesso ao usuário.

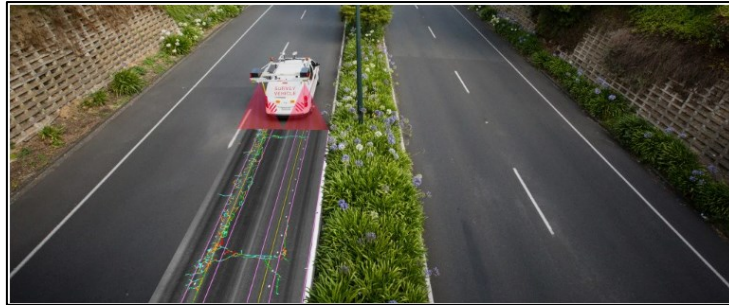
Figura 11 - Medições de inventário e pavimentação sistema *ROMDAS*.



Fonte: ROMDAS (2019).

A Figura 12, mostra o sistema por varredura a *laser*, *LCMS*, que identifica automaticamente uma ampla variedade de defeitos no pavimento.

Figura 12 – Medições de inventário e pavimentação sistema *ROMDAS*.



Fonte: ROMDAS (2020).

4.2.1.4 – *Imaging Mobile surveying and mapping solution to railroad*

A empresa francesa *Imaging* dispõe de tecnologia de mapeamento móvel, composto por câmaras de imageamento com sensor de 5 a 8,9 mpx *CCD*, posicionamento *GPS+GLONNAS* e navegação *INS*, que permitem realizar o mapeamento de infraestruturas em larga escala de forma rápida e precisa. É um sistema que pode ser acoplado em carros, caminhões e barcos, e permite que o usuário possa identificar e cadastrar em um banco de dados os equipamentos pertencentes as redes de transporte.

A Figura 13, mostra um exemplo do sistema *Imajbox 3TX*, composto por um receptor *GNSS*, *IMU DX4*, e sensor de imagem *CMOS Global Shutter 8,9MP* de 4096x2160 *pixels*.

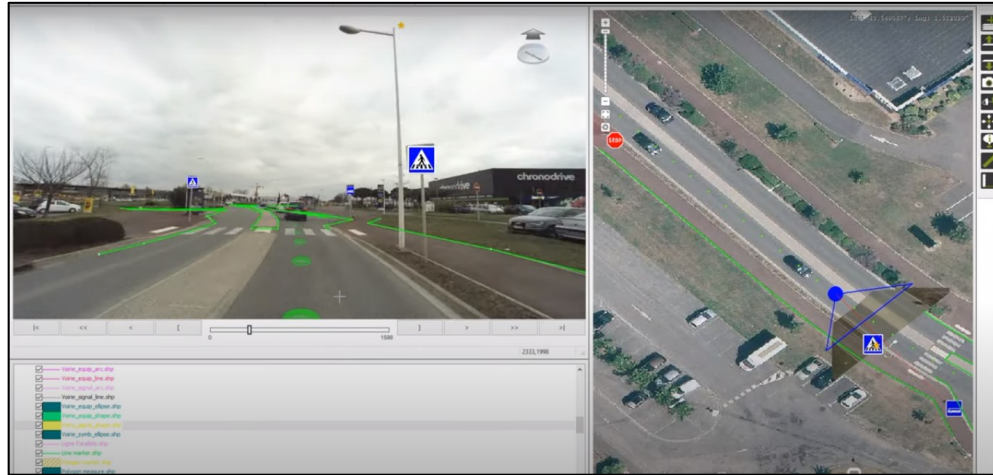
Figura 13 - Sensor *Imajbox 3TX*.



Fonte: *Imaging* (2020).

Na Figura 14, mostra o produto gerado pelo sistema *Imajbox 3TX*,

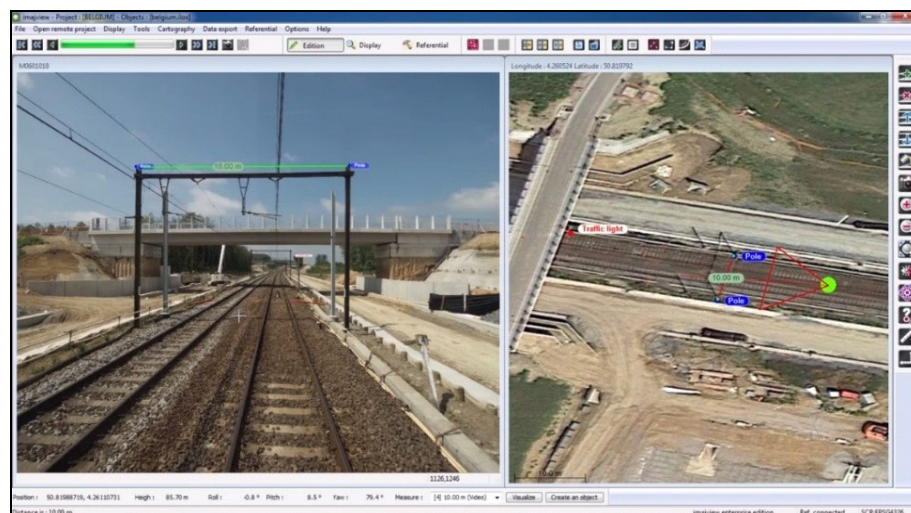
Figura 14 - Identificação e cadastro de equipamentos das vias.



Fonte: Imajing (2020).

Outra ferramenta fundamental para análise da infraestrutura viária é a captura detalhada da mesma, com auxílio do posicionamento 3D e imagens de alta resolução, o que permite fazer medições centimétricas., como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Medição de equipamentos de vias férreas.



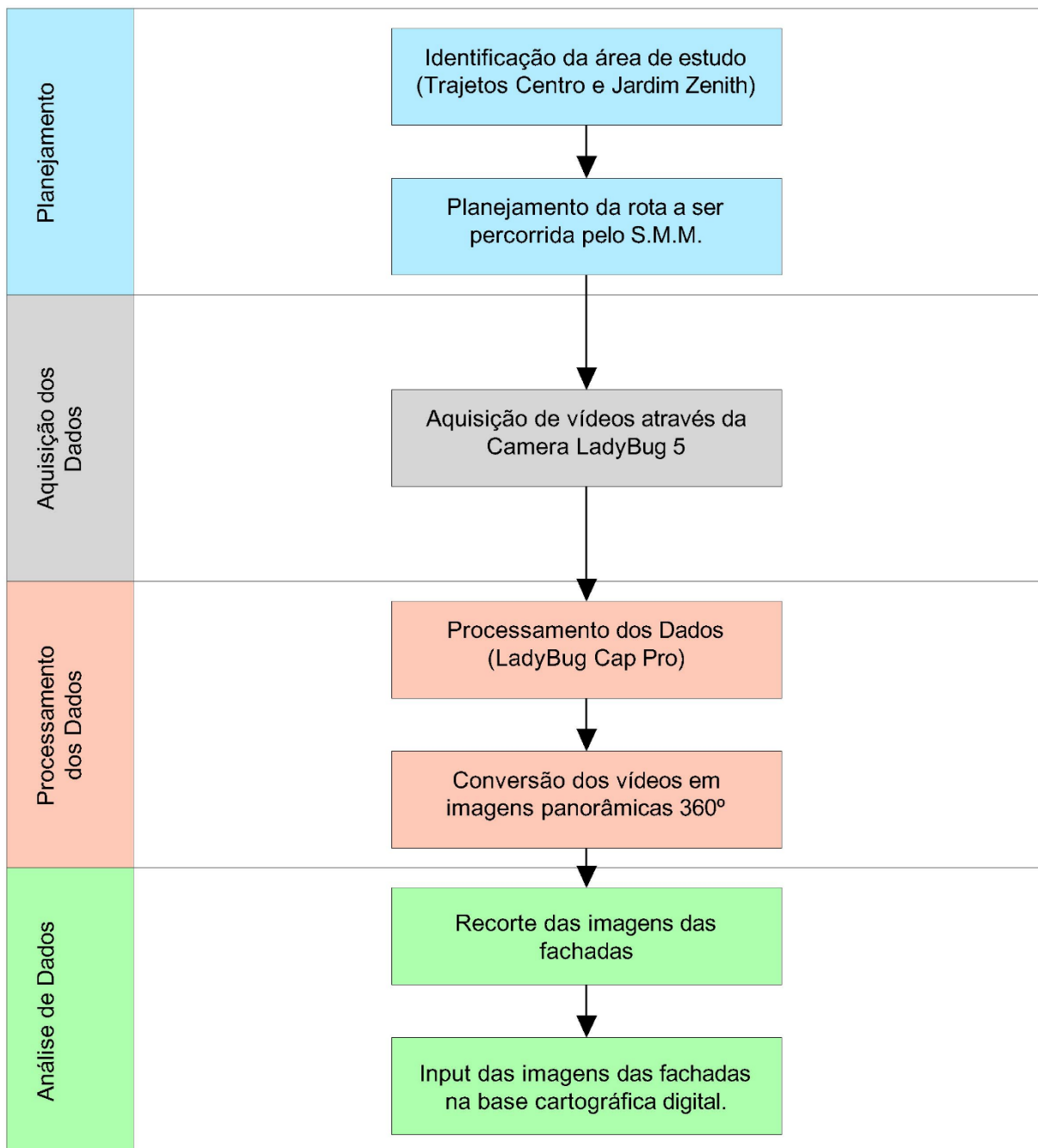
Fonte: Imagin (2019).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material a ser utilizado no levantamento de campo

Para efetuar as etapas do presente trabalho, fez-se a utilização de material e *software* específicos para as etapas de coleta, processamento e análise dos dados. Na Figura 16 está representado o fluxograma de atividades.

Figura 16 - Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autor (2019).

5.1.2 Câmara 360 Esférica

Para a parte de coleta de imagens foi utilizada a câmara *Ladybug5*, Figura 17. Esse sistema de coleta de imagens, permite a aquisição de imagens de alta resolução, possuindo seis câmeras de 5 MP que permitem que o sistema de vídeo tenha uma cobertura 360° esférica – tornando uma câmara de vídeo digital esférica. Conta com uma interface IEEE-1394b (*FireWire*) que permite que imagens em formato JPEG com resolução de 30MP seja transmitido para um sistema de armazenamento a 15fps. A *Ladybug5* é uma solução ideal para aplicações que requerem alta resolução, capacidade de sincronizar com dispositivos externos, por exemplo um receptor *GPS* e que seja resistente as intempéries do tempo.

Figura 17 - Câmara *Ladybug*.



Fonte: LASER (Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto) – UFU (2019).

5.1.3 GNSS/IMU

A integração *GNSS/INS* também é usada no georreferenciamento direto de imagens adquiridas em veículos terrestres, nos chamados sistemas de mapeamento móvel (EL-SHEIMY, 2000). A utilização dos sistemas inerciais nos SMM contribui para a determinação da atitude do veículo, ou seja, na determinação dos ângulos de orientação ou diferença angular entre o sistema de medida (veículo) e o sistema de mapeamento. Com tal integração (*GPS/INS*) é possível determinar a orientação completa do sensor de imageamento (ângulos e posição) após o levantamento em campo estiver terminado (usando o pós-processamento). Os detalhes sobre a integração fogem do escopo deste trabalho. Apenas vale salientar que a análise conjunta dos dados permite um ganho muito expressivo na utilização dos SMM, uma

vez que, com a orientação determinada após o levantamento e utilizando processo fotogramétricos (interseção fotogramétrica ou até mesmo uma fototriangulação) é possível densificar pontos ou feições existentes nas imagens; por isso o motivo da grande aceitação deste tipo de integração nos SMM. Finalmente, inserindo determinados pontos ou feições de interesse em um sistema de coordenadas definido, bem como as convenções cartográficas, obtém-se uma carta ou planta, com todos os pormenores imageados. Apesar de ser uma tecnologia nova para o usuário civil, a integração *GPS/INS* tem sido demasiadamente pesquisada, e hoje, pode-se afirmar que é uma tecnologia consolidada.

Figura 18 - *IMU/GNSS* da marca *Xsens*.



Fonte: LASER (Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto) – UFU (2019).

5.1.4 *Software LadybugCapPro*

O *software LadybugCaPro* como mostra a Figura 19, é utilizado para gerenciar a aquisição de vídeos, a produção de imagens esféricas e panorâmicas, e as configurações das câmeras *Ladybug 5*. Tal *software* fornece um mecanismo simples para a geração de imagens panorâmicas 360° a partir do vídeo capturado com o sistema de câmeras *Ladybug 5*. O *software* também foi empregado para o processamento das imagens panorâmicas 360°.

Figura 19 - Panorâmica 360 extraída após processamento com o software *LadybugCapPro*.

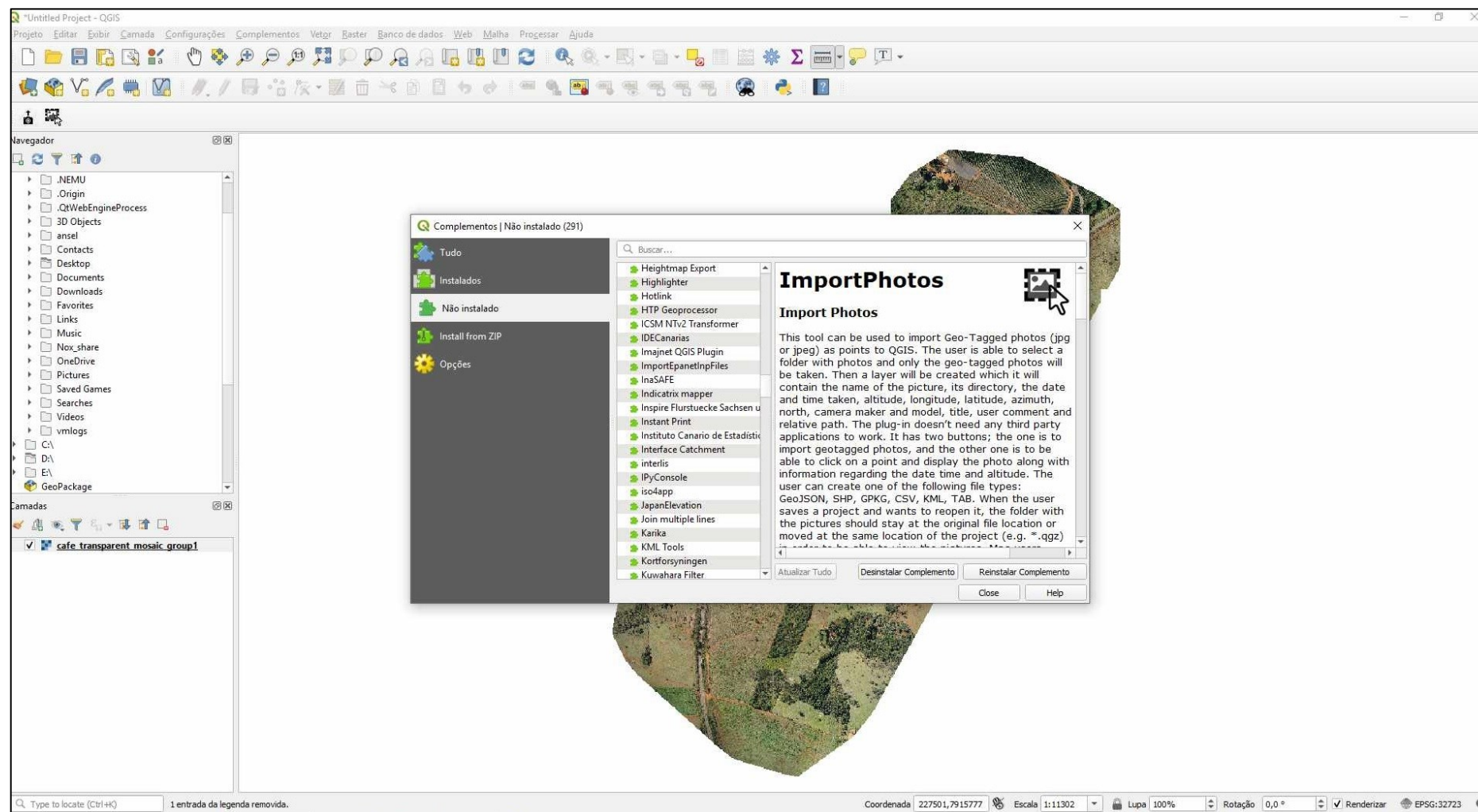


Fonte: LASER (Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto) – UFU (2019).

5.1.5 *QGis*

O software também conhecido como *QGis*, permite aos seus usuários criar mapas com várias camadas usando diferentes projeções, efetuando composições a partir de camadas raster e/ou vetoriais, e os dados podem ser armazenados como pontos, linhas ou polígonos. Além de ser capaz de georreferenciar imagens e dispor de várias ferramentas que podem auxiliar na obtenção de maiores informações nas imagens. A principal ferramenta do *software* usada para o desenvolvimento deste trabalho foi a ferramenta *Measure* e os *plug-ins Import Photos* como mostra a Figura 20 e *Click Photos*. A ferramenta *Measure* possibilitou verificar o comprimento de patologias do tipo afundamento e do cálculo da área de placas e remendos. Já o *plug-in Import Photos* foi utilizado para fazer a integração 37 entre as imagens dos dois métodos de fotogrametria.

Figura 20 - *Plug-in Import Photos.*



Fonte: LASER (Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto) – UFU (2019).

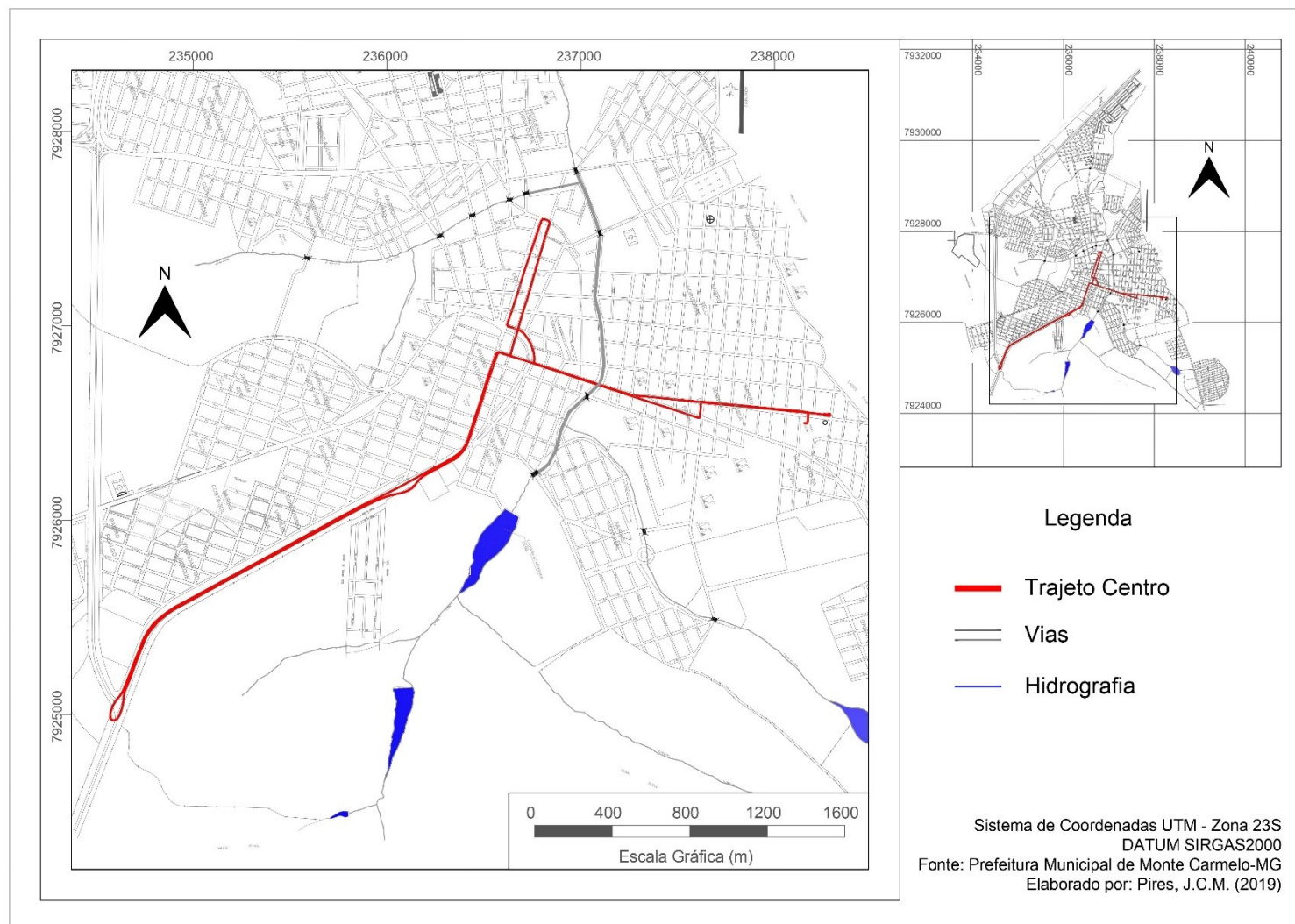
5.2 MÉTODOS

5.2.1 Levantamento de campo

Para realizar a coleta de dados com o SMM no ano de 2019, foi utilizado o sistema de câmaras *Ladybug 5*. Na aquisição das imagens das vias, utilizou-se o um veículo disponibilizado pela UFU para acoplar o sistema de câmaras na parte superior do veículo para a captura das imagens. Tal captura é feita de forma simples. Após conectar a câmara ao *notebook*, basta iniciar o programa *LadybugCapPro*, escolher a opção de câmara em *Select Camera*, definir a qualidade das imagens e selecionar a opção *OK* para que a captura das imagens se inicie.

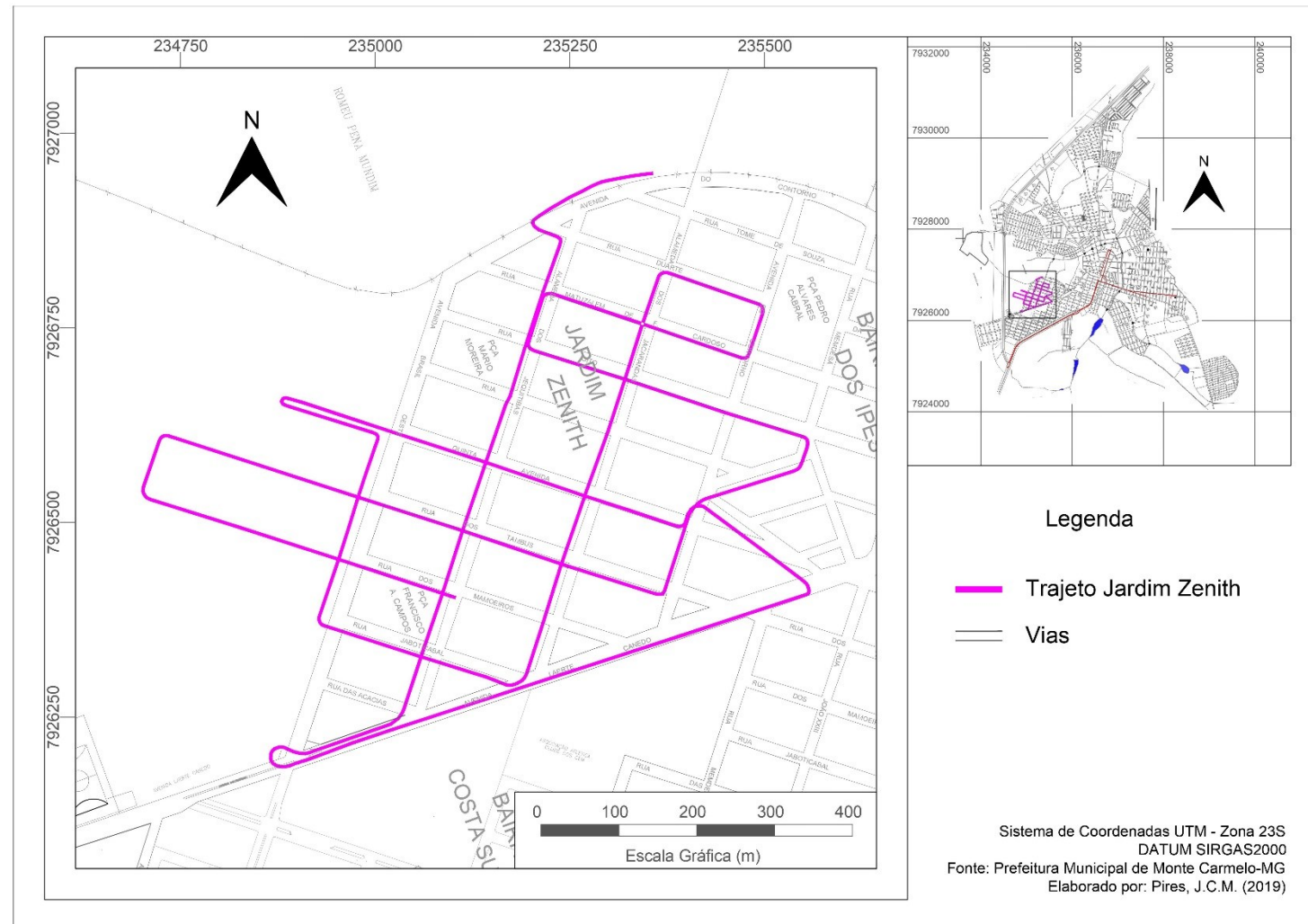
Um planejamento prévio das rotas a serem percorridas para recobrimento fotogramétrico foi realizado. Foram levantados dois trechos da área urbana de Monte Carmelo, sendo eles um trecho urbano denominado Trajeto Centro e o outro Trajeto Jardim Zenith, conforme as Figuras 21 e 22:

Figura 21 - Trajeto Centro.



Fonte: Autor (2019).

Figura 22 - Trajeto Jardim Zenith.

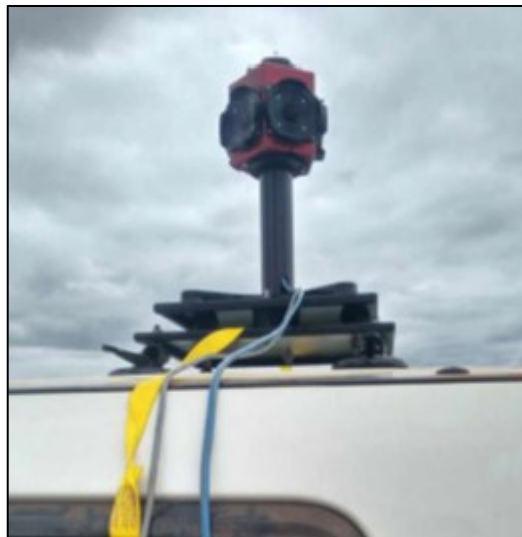


Fonte: Autor (2019).

Após o levantamento com o sistema de câmaras *Ladybug 5* (Figura 23), os dados foram descarregados para posterior etapa de processamento. O processo se dá de forma manual, no qual se determina um local de interesse (fachadas de imóveis ou condições de pavimento) dos trajetos percorridos.

O processo para obtenção dessas imagens se deu por meio da ferramenta *Load Stream File*, no qual foi selecionado o vídeo do trajeto (Centro e Jardim Zenith), definiu-se a qualidade da imagem em *high quality linear on GPU*, modo de captura *Panoramic* formato H;24, *output size* (tamanho da imagem de saída), escolha da pasta de arquivos onde as imagens foram armazenadas e por final a captura das imagens através da seleção *convert*.

Figura 23 - Sistema de câmaras *Ladybug 5* acoplado ao veículo.



Fonte: LASER (Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto) – UFU (2019).

6 RESULTADOS

6.1 Imagens Panorâmicas Georreferenciadas

Por meio do vídeo gerado a partir do levantamento com o SMM e da utilização de ferramentas do *software LadybugCapPro*, foram extraídas imagens georreferenciadas com o propósito de contribuir para o estudo dos imóveis presentes na via. Depois de geradas tais imagens, com o auxílio do *software LadybugCapPro* foi verificado se todo o material obtido em campo estava georreferenciado como o planejado na etapa do levantamento. Abaixo, as Figuras mostram as amostras de imagens coletadas com a câmera *Ladybug 360°*.

A Figura 24, mostra a fachada lateral da igreja Nossa Senhora de Fátima, localizada na Rua Goiás Bairro Nossa Senhora de Fatima, Trajeto Centro.

Figura 24 - Imagens Panorâmicas – Igreja Nossa Senhora de Fátima.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 25, mostra a fachada de um imóvel residencial localizado na Avenida Romualdo Resende Bairro Nossa Senhora de Fatima, Trajeto Centro.

Figura 25 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 26, mostra a fachada de um imóvel residencial localizado na Avenida Romualdo Resende, Bairro Batuque, Trajeto Centro.

Figura 26 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 27, mostra a fachada de um imóvel residencial localizado no Jardim Zenith.

Figura 27 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais.



Fonte: Autor (2019).

As Figuras 28 e 29, mostram as fachadas de imóveis residenciais localizados no Jardim Zenith.

Figura 28 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas e distinção do tipo de ocupação residencial.



Fonte: Autor (2019).

Figura 29 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas e distinção do tipo de ocupação residencial.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 30, mostra a fachada de um imóvel residencial em construção localizado no Jardim Zenith. A informação de que se está construindo ou ampliando um imóvel, é de grande importância para atualização do CTM.

Figura 30 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas residenciais em construção.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 31, mostra as fachadas dos imóveis comerciais localizados na Avenida Olegário Maciel, Centro.

Figura 31 - Imagens Panorâmicas – visualização de fachadas comerciais.



Fonte: Autor (2019).

As Figuras 32 e 33, mostram as condições de asfaltamento na Rua Goiás no Bairro Vila Nova, Rua do Contorno e Rua Petrina no Jardim Zenith. É possível identificar que a Rua Goiás ainda carece de reparos no pavimento

Figura 32 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento.



Fonte: Autor (2019).

Figura 33 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento.



Fonte: Autor (2019).

As Figuras 35 e 35, mostram as condições que se encontram o sistema de sinalização vertical na Avenida Olegário Maciel, próximo ao acesso à Rodovia MG-190, Trajeto Jardim Zenith. O mato alto impede que os usuários da via possam identificar quais informações estão contidas nas sinalizações.

Figura 34 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento e sinalização vertical.



Fonte: Autor (2019).

Figura 35 - Imagens Panorâmicas – visualização da condição de asfaltamento e sinalização vertical.

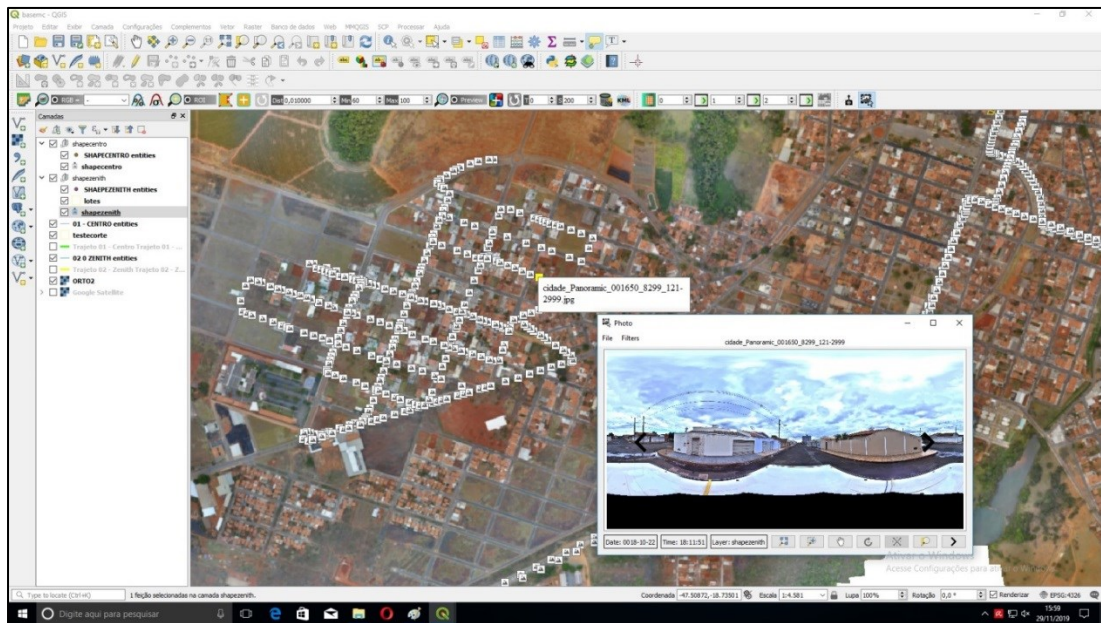


Fonte: Autor (2019).

Foi possível fazer a inclusão das imagens recortadas das fachadas nos trajetos realizados no software *QGis* utilizando o *plugin Import Photos*. Com isso é possível visualizar as imagens, utilizar recursos de *zoom* para fazer análises espaciais de entorno, classificar padrões de imóveis, dentre outros, como mostram as Figuras 36, 37 e 38. Essas imagens estão atribuídas a uma base cartográfica do município, disponibilizada pela Prefeitura Municipal.

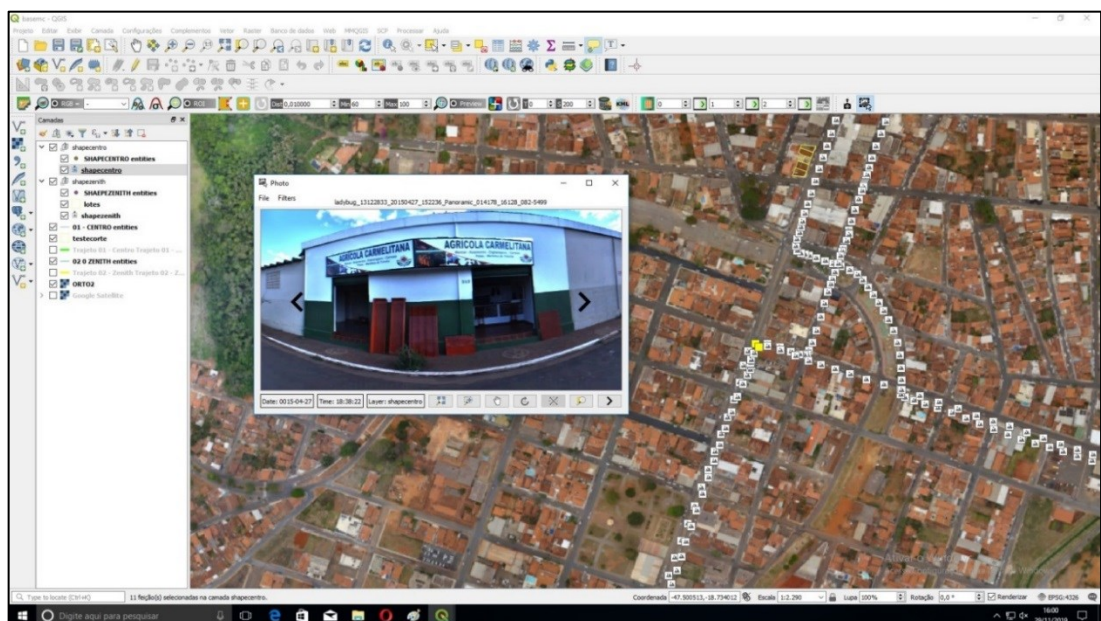
Como o objetivo do trabalho foi de utilizar o sistema de mapeamento móvel para levantamento de imagens georreferenciadas para análise das fachadas e seu entorno pode-se inferir objetivo do trabalho foi alcançado.

Figura 36 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGis – Trajeto Jardim Zenith.



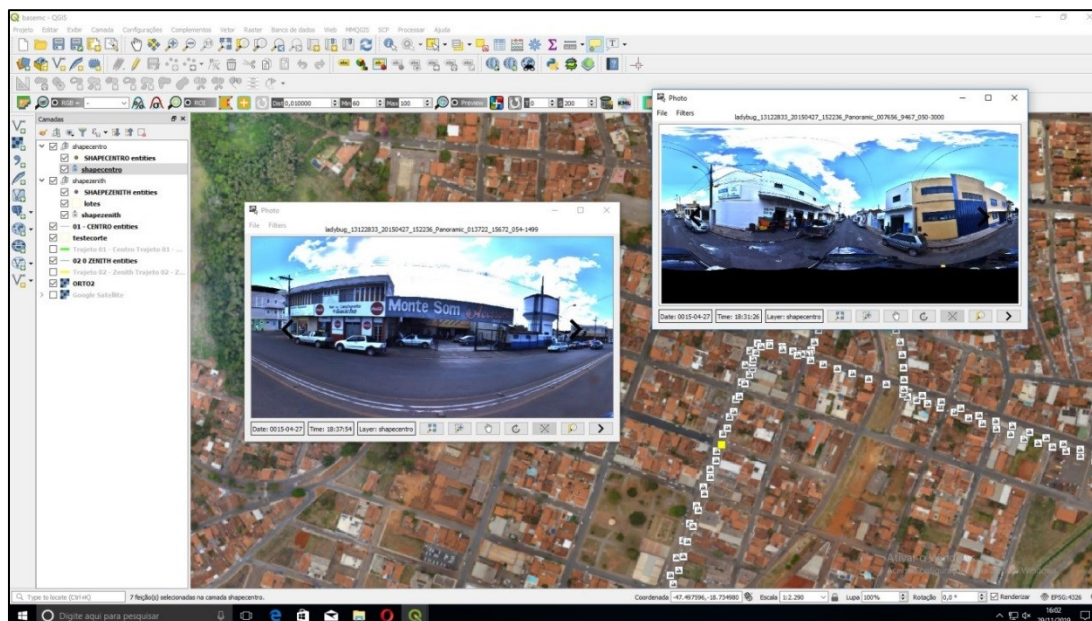
Fonte: Autor (2019).

Figura 37 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGis. Trajeto Centro.



Fonte: Autor (2019).

Figura 38 - Imagens Panorâmicas – visualização das imagens recortadas no QGIS. Trajeto Centro.



Fonte: Autor (2019).

As imagens geradas pelo SMM são ricas em detalhes, o que pode ser útil para classificação, análise e estudo da dinâmica dos imóveis do município, além de poder contribuir com informações que auxiliam na elaboração de uma planta genérica de valores mais justa.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve o intuito de utilizar o SMM como uma ferramenta para coleta de imagens das fachadas dos imóveis, que visa sua utilização no cadastro urbano e como ferramenta para a administração pública, possibilitando uma melhora na classificação dos atributos dos imóveis, monitoramento de áreas vulneráveis, infraestrutura urbana e patrimônio histórico. De modo geral, o trabalho também possibilitou ao aluno o contato com uma tecnologia inovadora que vem sendo utilizada cada vez mais na coleta de dados geoespaciais em áreas urbanas e rodoviárias.

Os SMM para a coleta de dados espaciais, tem passado por muitos avanços de métodos e ferramentas, objetivando minimizar o tempo de aquisição e o custo, além de potencializar a precisão dos resultados em comparação com os métodos convencionais.

Devido à demanda do mercado em obter cada vez mais produtos confiáveis e de forma rápida, levando em consideração tudo o que foi demonstrado podemos observar que a metodologia utilizada foi a melhor escolha para este tipo de trabalho – levantamento de fachadas de imóveis.

Pode-se concluir que os SMM são uma técnica válida como metodologia rápida, precisa e eficaz para mapeamentos com finalidades urbanas e rodoviárias, e que com o avanço da tecnologia nas áreas de sensores de imageamento, posicionamento, comunicação e transferência de dados, os SMM se tornaram um meio cada vez mais confiável e robusto em termos de qualidade, precisão e eficiência nos levantamentos terrestres.

REFERÊNCIAS

BOSSLER, J. D.; GOAD, C. C. **GPS and GIS Map the Nation's Highways**. Geo Info Systems, 3: 26-37, 1991.

CNT. **Rodovias esquecidas do Brasil**. Disponível em:<
http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudo%20Rodovias%20Esquecidas/rodovias_esquecidas-brasil.pdf> (acesso em 01 junho 2019).

ELLUM, C.; EL-SHEIMY, N. **The development of a backpack mobile mapping system**. In: international congress of isprs, 19, Amsterdam. International Archives..., ISPRS, CD-ROM. 8p, 2000.

OLIVEIRA, E.B. **Implementação do módulo de interseção fotogramétrica em um banco de imagens georreferenciadas**: Presidente Prudente, 2003.

GALLIS, R. B. A.; SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. O. **Mapeamento Móvel no Brasil: Resultados obtidos com a utilização da Unidade Móvel de Mapeamento Digital** In: Simpósio Brasileiro de Geomática, 2002, Presidente Prudente, 2002.

LUHMANN, T. et al. **Close-range photogrammetry and 3D imaging**. Walter de Gruyter, 2013.

KASSER, M.; EGELS, Y. **Digital photogrammetry**. London: Taylor and Francis, 2002.

TAO, C.V.; LI, J. **Advances in Mobile Mapping Technology**. New York: Taylor & Francis. 2007.

TAO, C.; CHAPMAN, M. A.; CHAPLIN, B. A. **Automated processing of mobile mapping image sequences**. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, v. 55, p. 330–346, 2001.

TOMMASELLI, A. M. G. et al. **Fotogrametria: aplicações a curta distância**. In: FCT. 1999. p. 147-59.

SILVA, J. F. C.; CAMARGO, P. O.; GALLIS, R. B. A. **Development of a low-cost mobile mapping system: a South American experience**. Photogrammetric Record, v. 18, n. 101, p.5-26, 2003.

STANFORD UNIVERCITY. **The Stanford CityBlock Project**. Disponível em:<
<http://graphics.stanford.edu/projects/cityblock/>> (acesso em 01 novembro 2020).

TREK VIEW. **A Brief History of Google's Street View Cameras**. Disponível em:<
<https://www.trekview.org/blog/2019/history-of-google-street-view-cameras/>> (acesso em 01 novembro 2020).

360 WORLDS. **Dodeca® 2360 Camera System**. Disponível em:<
http://www.360worlds.gr/portal/sites/default/files/IMC_Dodeca_2360.pdf> (acesso em 01 novembro 2020).

IMG 360. **História do Google Street View**. Disponível em:<
<http://img360.com.br/blog/google-street-view/historia-do-google-street-view/>> (acesso em 01 novembro 2020).