

**O USO DE ORTOIMAGENS COM PERFILAMENTO A LASER EM
PERÍCIAS DE ENGENHARIA**

AUTORES

Flavio Fernando de Figueiredo

Aluísio Mélega Burin

Eduardo Sanchez Capella

REALIZAÇÃO

RESUMO

Em lides que envolvem a apuração de áreas e divisas de imóveis, as atividades de conferência normalmente são realizadas mediante levantamento topográfico na região de interesse. Existem situações em que as características físicas da área em estudo dificultam as atividades de medição, como é o caso de áreas de grande extensão e difícil acesso, que demandam muitas diligências ao local, implicando na alocação de recursos físicos e financeiros elevados. Nessas situações, tem se mostrado como uma alternativa ao levantamento topográfico a utilização de imagens de alta resolução, as ortoimagens, obtidas através de câmeras fotográficas métricas instaladas em aeronaves, complementadas pelo perfilamento a laser da região em estudo. As ortoimagens recebem tratamento digital denominado “ortorretificação” que elimina os efeitos de perspectiva comumente observados em fotos aéreas, possibilitando medições precisas da região em estudo e permitindo avaliar de modo objetivo degradações ambientais, caracterizar a situação de imóveis extensos, analisar divisas, etc. O perfilamento a laser possibilita obtenção de nuvem de pontos com informações planialtimétricas extremamente precisas da região em estudo, inclusive no eixo “Z”, permitindo a obtenção de modelo tridimensional detalhado com informações precisas de altimetria, vegetação, hidrografia e edificações.

Palavras-chave: *Identificação de áreas e divisas; Ortoimagem; Perfilamento a laser.*

ABSTRACT

In cases involving the determination of property areas and borders, conference activities are usually carried out through topographic surveys in the region of interest. There are situations in which the physical characteristics of the area under study make measurement activities difficult, as is the case of areas of great extension and difficult access, which demand a lot of diligence to the site, implying the allocation of high physical and financial resources. In these situations, the use of high-resolution images, orthoimages, obtained through metric photographic cameras installed in aircraft, complemented by laser profiling of the region under study, has been shown to be an alternative to topographic surveying. The orthoimages receive a digital treatment called “orthorectification”, which eliminates the effects of perspective commonly observed in aerial photos, allowing precise measurements of the region under study and allowing the objective assessment of environmental degradation, characterizing the situation of extensive properties, analyzing borders, etc. Laser profiling makes it possible to obtain a cloud of points with extremely precise planialtimetric information of the region under study, including the “Z” axis, allowing to obtain a detailed three-dimensional model with precise information on altimetry, vegetation, hydrography and buildings.

Keywords: *Identification of areas and borders; Orthoimaging Laser profiling.*

1. INTRODUÇÃO

No âmbito das Perícias de Engenharia, frequentemente há lides que necessitam da apuração ou conferência das dimensões lineares ou metragem de imóveis. Essa atividade normalmente é realizada mediante levantamento topográfico da área ou edificações de interesse.

Em alguns casos, as características físicas da região de interesse dificultam a atividade de conferência da equipe de topografia, como é o caso de imóveis de difícil acesso, com relevo excessivamente acidentado ou glebas muito extensas, que demandam diversas diligências ao local, implicando em aumento do prazo para conclusão do levantamento e aumento significativo dos recursos financeiros alocados para a realização do levantamento cadastral.

Nessas situações, tem se mostrado como recurso facilitador e de boa relação custo x benefício para o levantamento cadastral a utilização de imagens de alta resolução, as ortoimagens, obtidas através de câmeras fotográficas métricas instaladas em aeronaves e que possibilitam medições e conferências com alto grau de precisão.

A ortoimagem pode ser complementada pelo perfilamento a laser da região em estudo, tecnologia que possibilita a obtenção de nuvem de pontos com informações planialtimétricas extremamente precisas, a partir das quais obtém-se modelo tridimensional detalhado com informações precisas de altimetria, vegetação, hidrografia e edificações da região em análise.

2. IMAGEM AEROFOTOGRAMÉTRICA - ORTOIMAGEM

Ortoimagem é uma representação fotográfica de uma região da superfície terrestre, na qual todos os elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico.

Aerofotogrametria tem por definição a cobertura aerofotográfica executada para fins de mapeamento de uma área. Uma aeronave equipada com câmeras fotográficas métricas percorre o território fotografando-o verticalmente, seguindo orientações técnicas como ângulo máximo de cambagem, sobreposição frontal entre as fotos, sobreposição lateral, entre outros.

Um vôo aerofotogramétrico é dado pela sequência de tomada de fotografias, analógicas ou digitais, através de faixas de fotos paralelas.

Com base na cobertura aerofotográfica, pode-se realizar restituição planialtimétrica da área de interesse, atribuindo a cada coordenada de uma área de

interesse sua posição geográfica e altitude referente a mesma. A partir de voos aerofotogramétricos, é possível adquirir a ortoimagem.

Uma ortofotográfica se consegue a partir de um conjunto de imagens aéreas (tomadas desde um helicóptero ou satélite) que tenham sido corrigidas digitalmente para representar uma projeção ortogonal sem efeitos de perspectiva, pela qual é possível realizar medições exatas, ao contrário de uma fotografia aérea simples que sempre apresenta deformações causadas pela perspectiva da câmera, a latitude ou da velocidade com que se move a câmera. A este processo de correção digital chama-se ortorretificação.

A precisão da ortoimagem permite avaliar e monitorar de modo objetivo degradações ambientais, caracterizar a situação de implantação de imóveis extensos e das suas divisas e benfeitorias, elaborar mapas de uso e ocupação, hipsometria, curvas de nível, modelo de elevação de superfície (e de terreno), volumetrias, dentre outras possibilidades.

Embora possa parecer óbvia sua utilização, por ser conhecida há muito tempo, o que ocorre no momento é o maior acesso a essa ferramenta em razão da fotografia digital, da redução de custo para seu processamento, além da celeridade de sua elaboração, dado que o kit de equipamentos envolvidos pode ser instalado em aeronaves de pequeno porte (helicópteros), resultando em sobrevoos de custos operacionais mais reduzidos em relação aos voos inerentes a um levantamento.

3. PERFILAMENTO A LASER – SISTEMA LIDAR

O sistema de perfilamento a laser LIDAR (Light Detection and Ranging) ou detecção e alcance de luz consiste em tecnologia para aferição da distância exata de um objeto na superfície terrestre.

Apesar de ter sido utilizado pela primeira vez na década de 1960, a partir de scanners a laser embarcados em aeronaves, foi a partir da década de 1980, com o advento da utilização de sistemas de posicionamento global - GPS, que o LIDAR passou a ser utilizado em larga escala para o cálculo de medições geoespaciais precisas.

Seu funcionamento consiste na emissão de pulsos laser em objetos na superfície terrestre, sendo calculado o tempo de retorno dos pulsos emitidos até a fonte, sendo que em um sistema LIDAR convencional podem ser disparados até 400.000 pulsos por segundo de acordo com as especificações do equipamento utilizado.

Quanto às tipologias do sistema LIDAR, atualmente existem sistemas aerotransportados e terrestres.

Na tipologia aerotransportada, o equipamento LiDAR é embarcado em aeronave, helicóptero ou drone para a coleta de dados, podendo ser utilizados sistemas topológicos e batimétricos.

Na tipologia terrestre, podem ser utilizados sistemas LIDAR estáticos ou móveis, comumente utilizados para observação de rodovias e coleta de nuvens de pontos no interior e no exterior de edificações.

Em linhas gerais, o sistema LIDAR é constituído por três componentes principais: sensor LIDAR, sistema de posicionamento global - GPS e unidade de medição inercial – IMU.

O sensor LIDAR é o componente do sistema que emite e recebe o retorno dos pulsos laser, a partir dos quais é determinada a distância e a geometria do objeto ou superfície examinada, resultando em nuvem de pontos tridimensional.

O sistema de posicionamento global GPS correlaciona os dados do sensor LIDAR com as localizações físicas, possibilitando que a nuvem de pontos gerada seja precisa.

A unidade de medição inercial IMU correlaciona os movimentos lineares e angulares do sensor LIDAR, de modo a garantir que os dados obtidos não sejam distorcidos durante a movimentação do sensor LIDAR enquanto é realizada a coleta de dados.

O resultado dos dados processados pelos componentes acima mencionados resulta em nuvem de pontos de alta precisão, que permite a obtenção de modelos tridimensionais da região examinada.

Tal tecnologia também permite a obtenção de diversos produtos, como por exemplo, o Modelo Digital de Terreno – MDT, que representa a superfície do terreno sem nenhuma cobertura, e o Modelo Digital de Superfície – MDS, que representa as edificações, vegetações, linhas de transmissão, dentre outros objetos.

4. ESTUDO DE CASO

Apresenta-se a seguir estudo de caso no qual se utilizou ortoimagem e perfilamento a laser de terreno LIDAR para obtenção de elementos técnicos com intuito de subsidiar decisões para futura locação, com elevado grau de precisão, de quadras e lotes em empreendimento residencial implantando na beira de represa, respeitando-se a área de preservação permanente indicada no projeto aprovado do loteamento em questão.

4.1. Objetivo

Determinar a real posição de quadras e lotes não implantadas em loteamento residencial que teve seu projeto aprovado em 1980 em relação à área de proteção permanente indicada em projeto, que previa área preservação permanente de 30 metros contados a partir do eixo do córrego lindeiro ao loteamento, que deságua em represa.

4.2. Necessidades

Inicialmente, foi necessário providenciar arquivo digital em escala do projeto do loteamento em exame, considerando que não se dispunha de arquivo digital, mas apenas de cópia xerox da planta do projeto aprovado. Para tanto, tornou-se necessária criação de base digital confiável, através de vetorização da planta do projeto aprovado do loteamento.

Também não havia elemento gráfico preciso e confiável que retratasse a situação atual do empreendimento na região em estudo, nem tampouco a posição exata do córrego a partir do qual deveria ser prevista área de preservação permanente.

Considerando as premissas acima, decidiu-se, em razão da versatilidade, aliada a precisão, pela obtenção de ortoimagem com abrangência que permitisse a devida amarração da planta do projeto aprovado do loteamento a pontos notáveis, complementada pelo perfilamento a laser da região em estudo, visando obter subsídios técnicos que possibilitassem a determinação da localização exata do córrego para a correta demarcação da área de preservação permanente.

4.3. Atividades Desenvolvidas

Apresenta-se a seguir resumo das atividades desenvolvidas durante os trabalhos técnicos realizados na área de estudo.

4.3.1. Vetorização do projeto aprovado do loteamento

A primeira providência realizada foi a vetorização do projeto aprovado do loteamento em estudo, disponibilizado em versão impressa, tornando-o digital através de ferramentas CAD, visando a obtenção de modelo digital fiel ao projeto aprovado para realização de análises técnicas e locação das quadras em estudo.



Figura 1 – Projeto Aprovado do Loteamento, obtido a partir de via impressa

Fonte: Cartório de Registro de Imóveis (1980).



Figura 2 – Vetorização do Projeto Aprovado para o formato digital (CAD)

Fonte: Os autores (2021)

4.3.2. Visita de reconhecimento para implantação de marcos de apoio e pontos de controle

Inicialmente, foi realizada visita de reconhecimento ao local, ocasião em que foram marcados 25 pontos de controle por equipe GNSS, com o objetivo de subsidiar a elaboração da ortoimagem, garantindo sua precisão.

Também foram implantados 7 marcos de apoio em concreto, com as respectivas identificações (MA-01 a MA-07), visando assegurar a possibilidade de se realizar as locações topográficas que sejam necessárias futuramente, com as mesmas precisões.

São apresentadas a seguir as localizações dos marcos e exemplos das respectivas monografias.

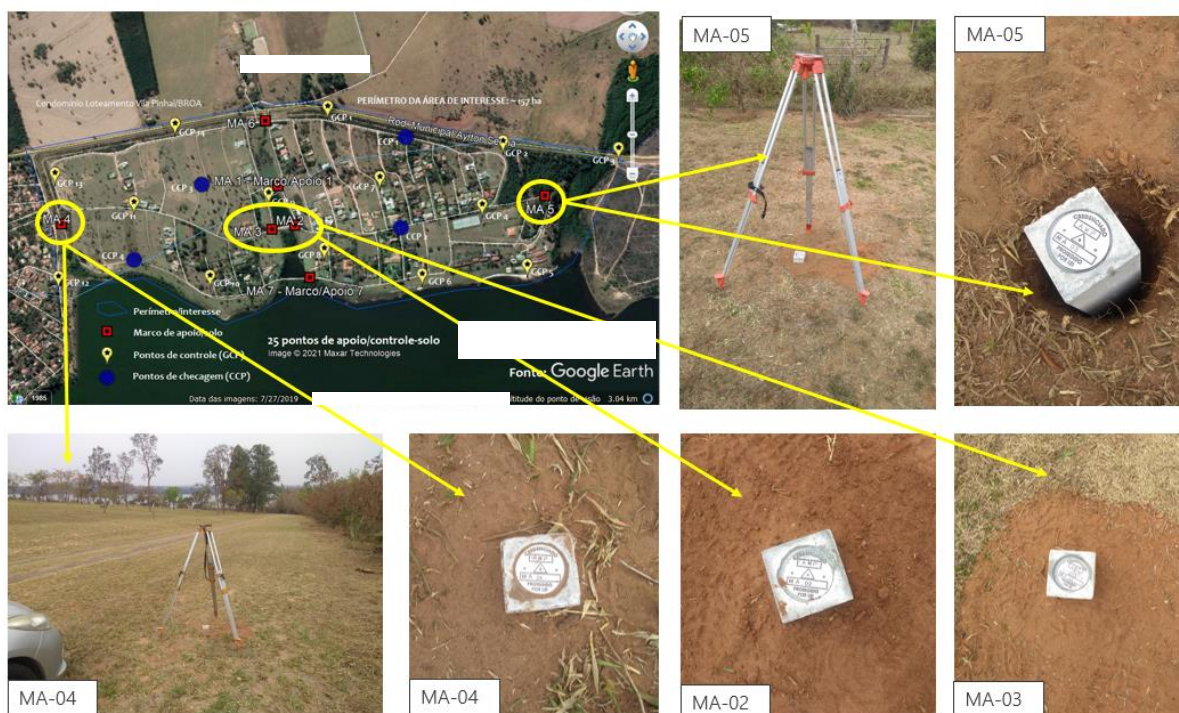


Figura 3 – Localizações dos marcos de apoio MA-02, MA-03 MA-04 e MA-05

Fonte: Os autores (2021)

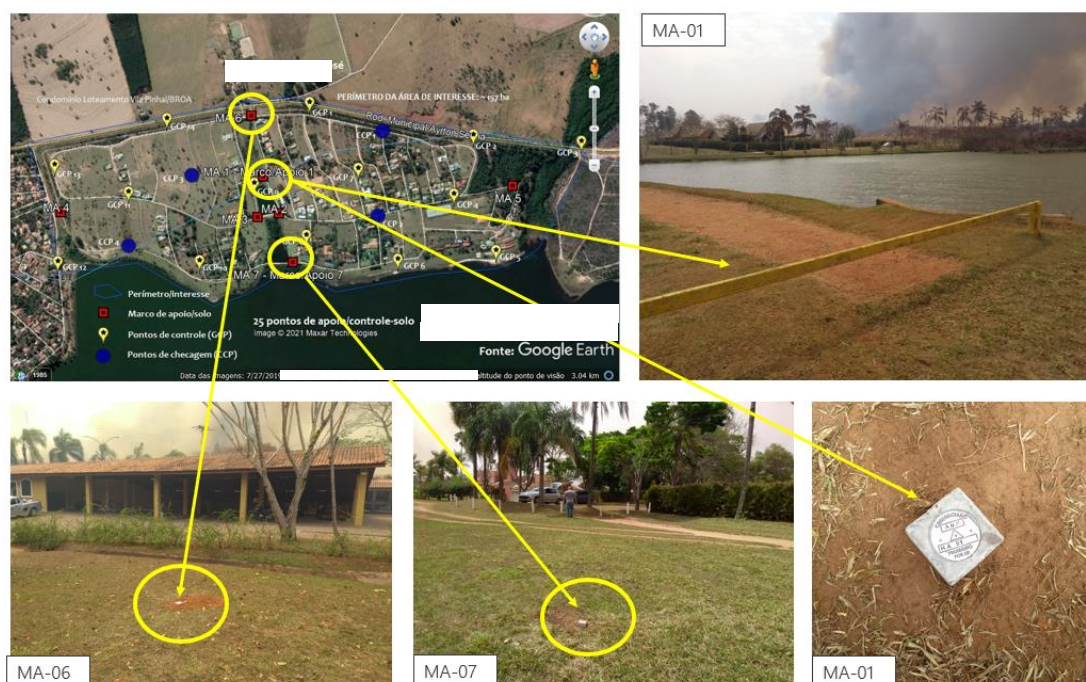


Figura 4 – Localizações dos marcos de apoio MA-01, MA-06 e MA-07

Fonte: Os autores (2021)



BEABUSTOS
Engenharia



JISC
CONSULTORIA E SERVIÇOS



JISC
CONSULTORIA E SERVIÇOS

G MONGRAFIA DE VÉRTECE
P

Descrição:
A planimetria georreferenciada do terreno analisado é a base para o projeto de implantação do loteamento, sendo que o mesmo deverá ser executado de acordo com o projeto de loteamento aprovado pelo órgão competente.

Nome do Projeto: BA-01	Setor de origem: 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000	MEMORIAL CENTRAL: 407 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000
Assessor: Rômulo Elaborado por: Rômulo		
Assessor de elaboração: Rômulo		

Local: Área interna do Condomínio Bão

Área total (m²): ☐ **Área construída (m²):** ☒ **Área livre (m²):** ☐

Descrição: Mapa de concreto com chips de identificação implantados no interior do Condomínio.

Tipos de material: Hespálio STONE® 120x117 - L2

Método utilizado: Nívelo digital

COORDENADAS GEODÉSICAS		COORDENADAS UTM	
SIRGAS 2000	UTM	SIRGAS 2000	UTM
LAT (gr)	2 mm	N =	2 mm
LONG (gr)	1 mm	E =	1 mm
Alt. Geométrica (p)	4 mm	Alt. Ortométrica (p)	4 mm






JISC
CONSULTORIA E SERVIÇOS

G MONGRAFIA DE VÉRTECE
P

Descrição:
A planimetria georreferenciada do terreno analisado é a base para o projeto de implantação do loteamento, sendo que o mesmo deverá ser executado de acordo com o projeto de loteamento aprovado pelo órgão competente.

Nome do Projeto: BA-02	Setor de origem: 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000	MEMORIAL CENTRAL: 407 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000 0000 - Cangaço 0000
Assessor: Rômulo Elaborado por: Rômulo		
Assessor de elaboração: Rômulo		

Local: Área interna do Condomínio Bão

Área total (m²): ☐ **Área construída (m²):** ☐ **Área livre (m²):** ☒

Descrição: Mapa de concreto com chips de identificação implantados no interior do Condomínio.

Tipos de material: Hespálio STONE® 120x117 - L2

Método utilizado: Nívelo digital

COORDENADAS GEODÉSICAS		COORDENADAS UTM	
SIRGAS 2000	UTM	SIRGAS 2000	UTM
LAT (gr)	2 mm	N =	2 mm
LONG (gr)	1 mm	E =	1 mm
Alt. Geométrica (p)	4 mm	Alt. Ortométrica (p)	4 mm




Observação: Atente-se para a orientação da planta por interpretação pessoal do usuário. (verificação de escala: 1:500)

REP. TÉCNICO: Eng.º André Carlos Brito
CRA-SP: 000000000-00

Observação: Atente-se para a orientação da planta por interpretação pessoal do usuário. (verificação de escala: 1:500)

REP. TÉCNICO: Eng.º André Carlos Brito
CRA-SP: 000000000-00

Figura 5 – Exemplos de Monografias de vértices

Fonte: BEA Bustos Engenharia Geomensuras (2021)

4.3.3. Sobrevoos para obtenção de Ortoimagem com perfilamento a laser (LIDAR)

Foi realizado sobrevoos na região em estudo, visando obter ortorelato de alta precisão, considerando precisão GSD – Ground Sample Distance de 5cm.

Também foi realizado perfilamento a laser do terreno mediante utilização de sistema LIDAR – Light Detecting and Ranging, com geração de nuvem de pontos >30ppm² (pulsos laser por metro quadrado), o que tornou o resultado planialtimétrico extremamente preciso, inclusive no eixo “Z”. O perfilamento foi especialmente útil para identificação do córrego lindeiro à área, com o objetivo de identificar a área de preservação permanente ao seu redor.

Para tanto, foi utilizada aeronave tripulada de asas rotativas AS350 (Esquilo).

Todos os produtos estão referenciados por coordenadas em projeção UTM no datum SIRGAS-2000 (horizontal) e informações altimétricas ajustadas ao Marégrafo de Imbituba-SC (datum vertical).



Figura 6 – Aeronave utilizada no sobrevoos

Fonte: Os autores (2021)



Figura 7 – Scanner laser embarcado na aeronave

Fonte: Os autores (2021)

4.4. Elementos Técnicos Obtidos

Apresentam-se a seguir relação de produtos obtidos durante os trabalhos técnicos e inspeções realizadas na região em estudo, utilizados para subsidiar as análises técnicas pertinentes ao caso:

- Ortofoto (R,G,B/vermelho, verde, azul) digital, em alta resolução, com GSD de 5cm ;
- Processamento dos dados coletados (LIDAR) com geração de nuvem de pontos 3D, com densidade mínima de 30 ppm² (pulsos laser por metro quadrado);
- Classificação da nuvem de pontos, com segregação por feições de diferentes tipos: solo, vegetação (baixa/alta/arbustiva), acessos, vias, construções e hidrografia;
- Vetorização do projeto aprovado do loteamento em formato CAD;
- Processamento MDS – Modelagem de superfície, da área em interesse com elementos tridimensionais com precisão a nível topográfico;
- Obtenção de MDT – Modelagem de terreno, da área em interesse com elementos tridimensionais precisos, a partir de varredura laser;

- Processamento das curvas de nível (3D/elevadas), em intervalos verticais de 0,5m, por toda área de interesse;
- Produção de mapa hipsométrico planialtimétrico de toda a área de interesse, através de sobreposição dos elementos produzidos;



Figura 8 – Orotimagem em alta definição (GSD 5cm)

Fonte: Os autores (2021)



Figura 9 – Vetorização do projeto aprovado do loteamento

Fonte: Os autores (2021)

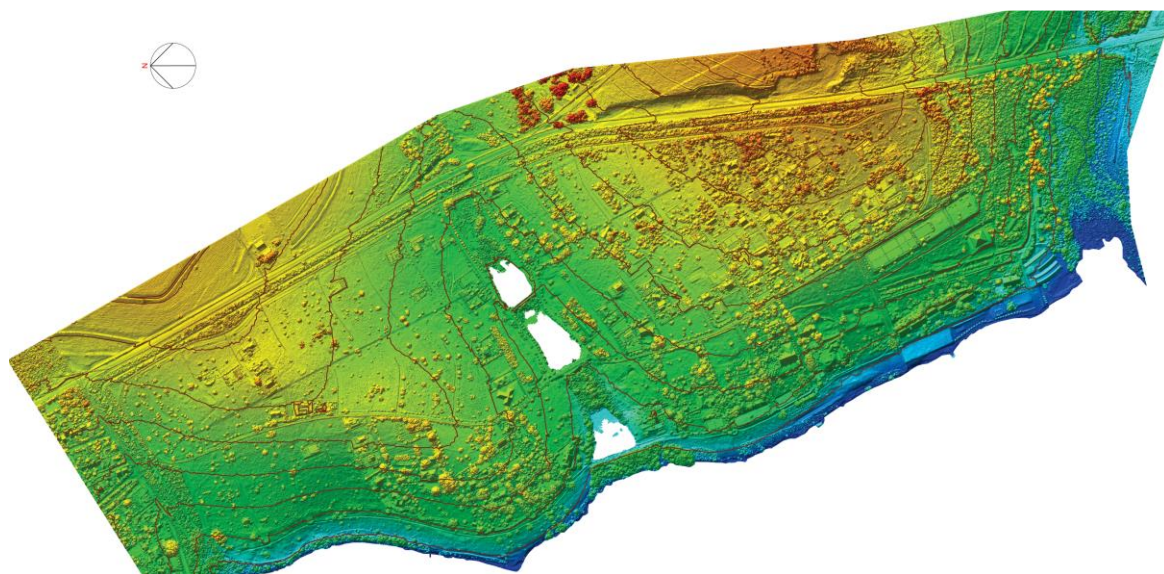


Figura 10 – Modelagem de Terreno (MDT)

Fonte: Os autores (2021)

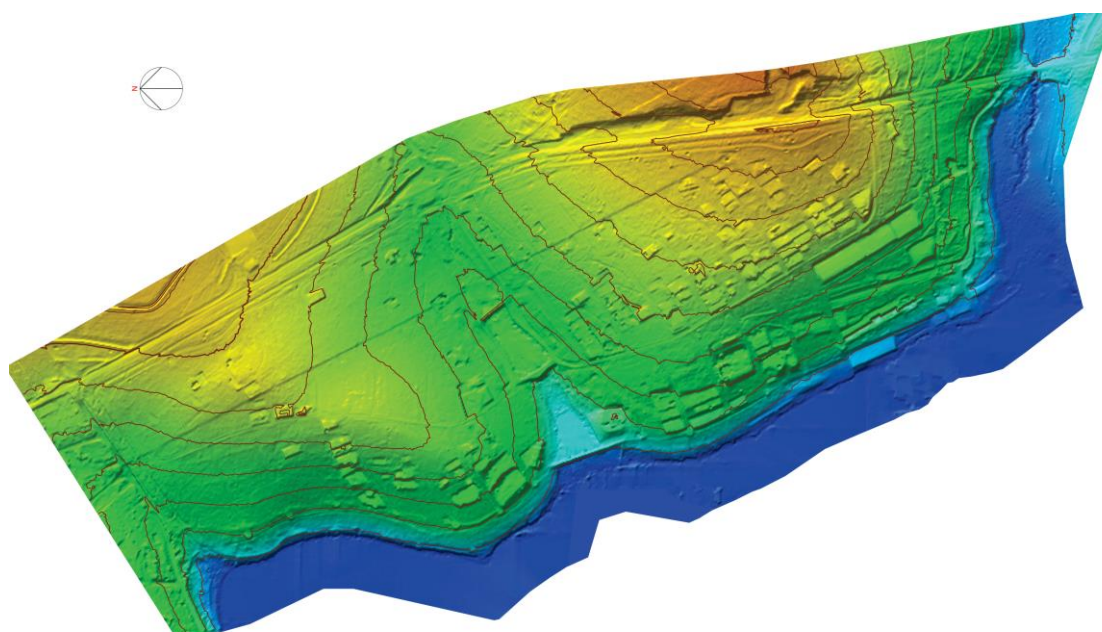


Figura 10 – Modelagem de Superfície (MDS)

Fonte: Os autores (2021)



Figura 11 – Processamento das curvas de nível

Fonte: Os autores (2021)



Figura 12 – Sobreposição do projeto aprovado com a ortoimagem

Fonte: Os autores (2021)

4.5. Resultados de Interesse

A análise dos elementos técnicos obtidos possibilitou os seguintes resultados:

4.5.1. Materialização do Projeto Aprovado na Ortoimagem

A partir da sobreposição do projeto aprovado do loteamento sobre a ortoimagem que foi produzida, foi possível obter elementos para subsidiar a futura locação das quadras 11, 12, 49, 50 e 51 do loteamento.

A amarração da planta vetorizada do projeto aprovado sobre a ortoimagem foi realizada utilizando como referência os limites externos do empreendimento e a posição da rodovia lindeira ao loteamento.

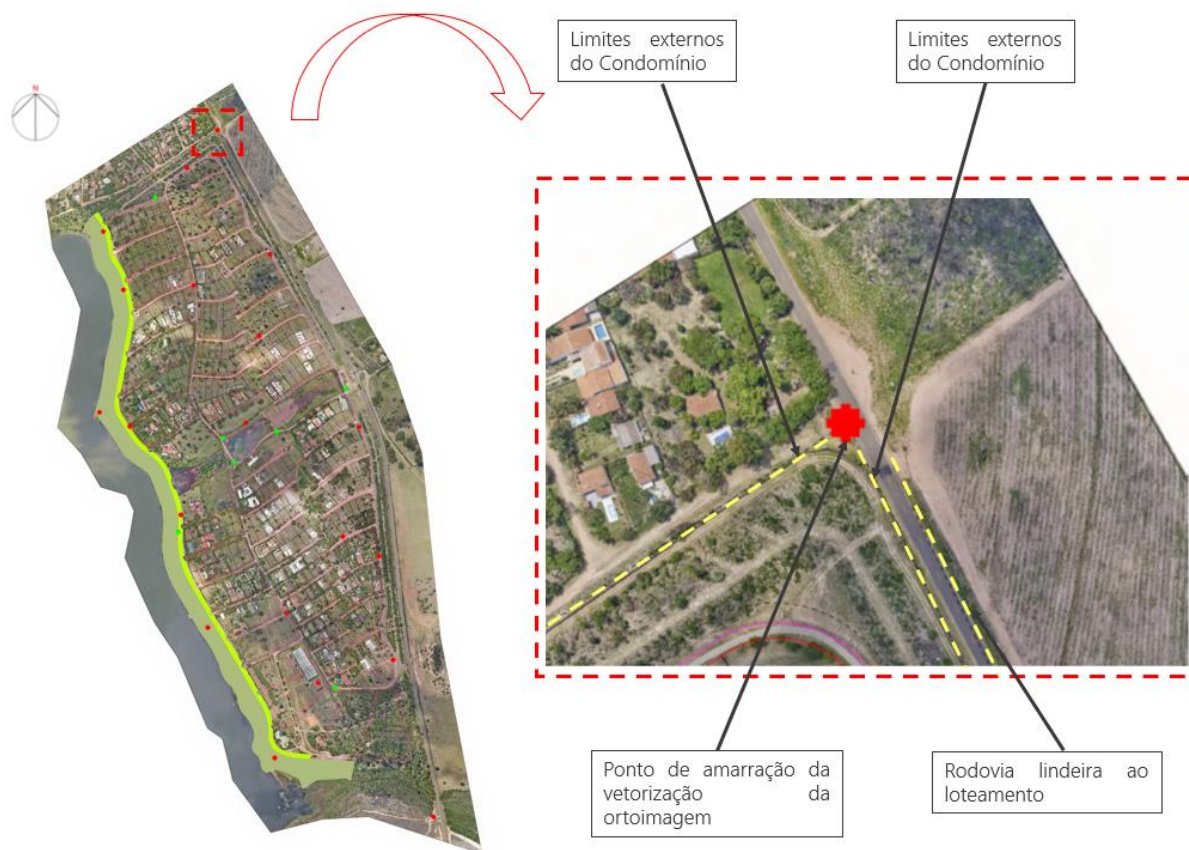


Figura 13 – Amarração da planta vetorizada do loteamento na ortoimagem

Fonte: Os autores (2021)

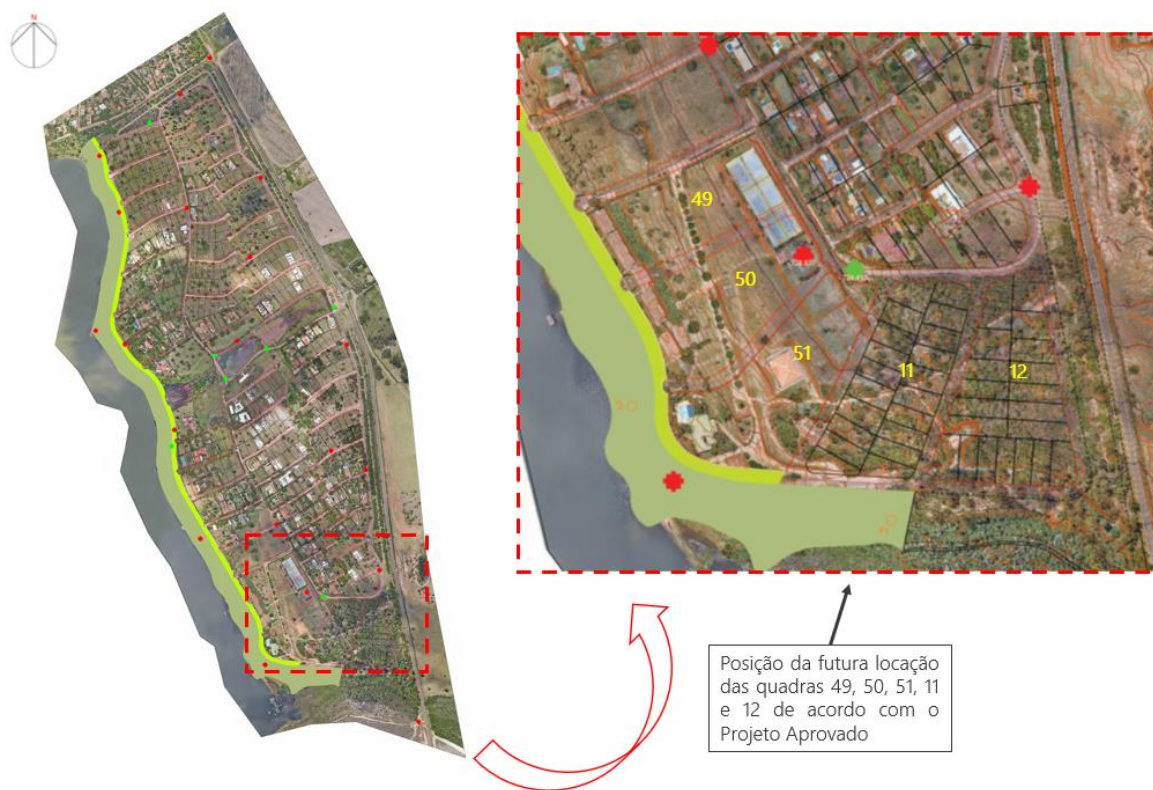


Figura 14 – Futura Locação das Quadras 11, 12, 49, 50 e 51 do Loteamento

Fonte: Os autores (2021)

4.5.2. Posição Precisa do Córrego

Através do perfilamento a laser da região em estudo, foi possível obter, com elevado grau de precisão, a posição real do córrego lindeiro ao loteamento a partir da Modelagem do Terreno – MDT.

Se comparada a posição real do córrego com o indicado no projeto aprovado do loteamento, elaborado em 1980, verifica-se que a situação fática do córrego é mais favorável, do ponto de vista ambiental, em relação ao que consta no projeto aprovado.

Também não pode ser ignorada a possibilidade do curso do córrego ter sido modificado ao longo dos anos.

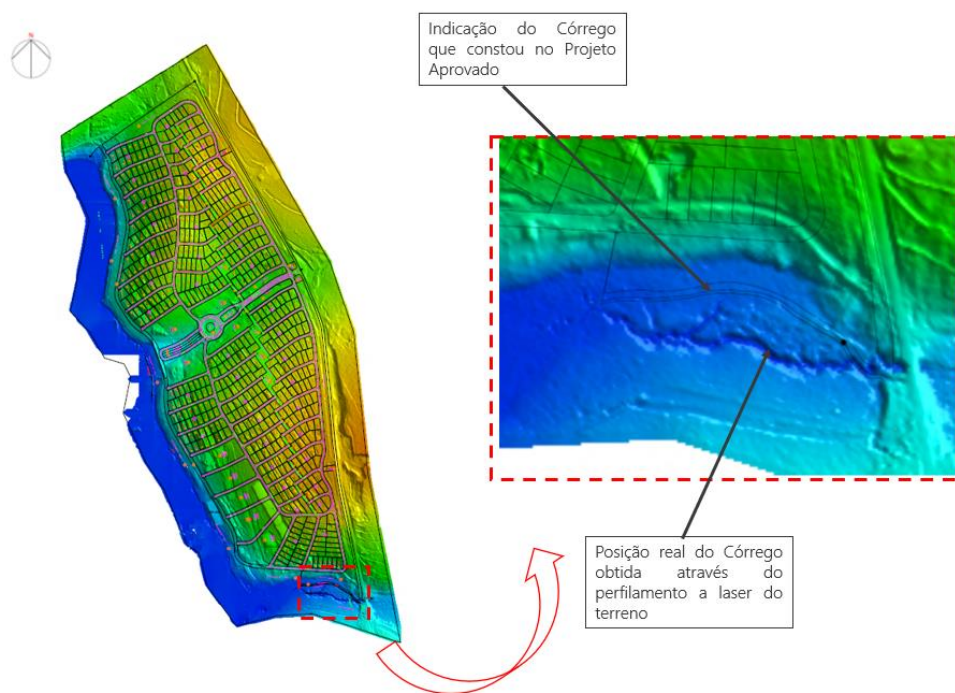


Figura 15 – Posição real do córrego x Situação indicada no projeto aprovado

Fonte: Os autores (2021)

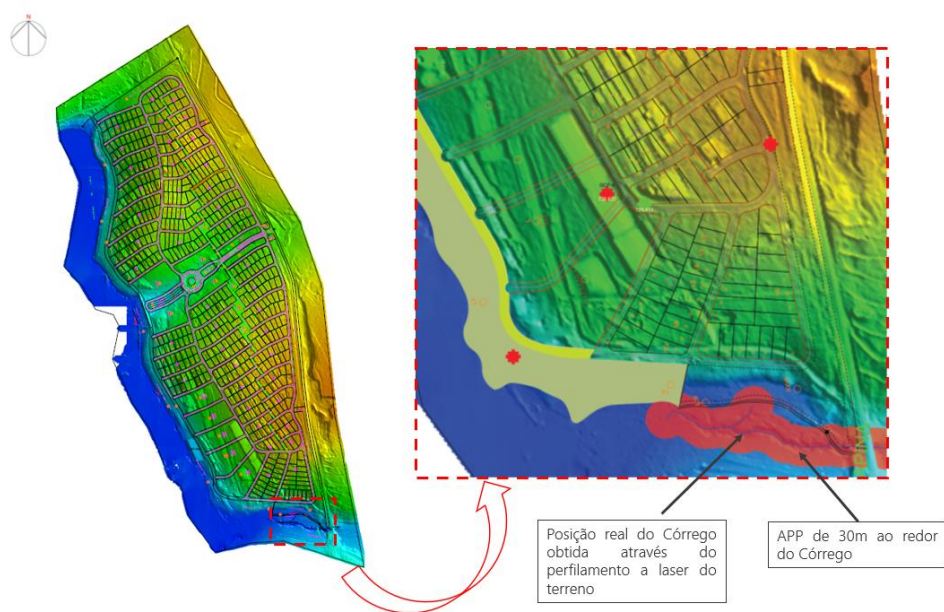


Figura 16 – APP de 30 m ao redor do córrego considerando sua posição atual

Fonte: Os autores (2021)

5. CONCLUSÕES (CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES)

No presente caso a utilização de ortoimagem conferiu celeridade, segurança e baixo custo para subsidiar a locação das quadras 11, 12, 49, 50 e 51 do loteamento em estudo, respeitando-se a situação indicada no projeto aprovado, considerando que não havia elemento gráfico preciso e confiável que retratasse a situação atual do empreendimento na região em estudo.

O perfilamento a laser foi de fundamental importância para determinação da posição atual do córrego lindeiro ao loteamento, permitindo a identificação, com precisão, da área de preservação permanente ao seu redor.

A utilização de ortoimagens não deve ser confundida com utilização de imagens obtidas por satélite, disponíveis gratuitamente na internet ou aerofotos, pois a ortorretificação aplicada nas ortoimagens permite a representação de uma projeção ortogonal da situação observada em campo, eliminando deformações causadas pela perspectiva e altitude da câmera e permitindo medições precisas.

Esse recurso pode se mostrar valioso para cadastro de glebas de grandes extensões, carência ou dificuldade de acesso, relevo excessivamente acidentado, ou ainda quando há risco às atividades de aferição.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEA BUSTOS ENGENHARIA GEOMENSURAS – Relatório Técnico – Levantamento Planimétrico de Vértices Georreferenciado. São Paulo. 2021.