

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO PELO MÉTODO DE IRRADIAÇÃO NAS DEPENDÊNCIAS DA TOLEDO PRUDENTE

Luísa Faria de Mello QUELHO¹
Renan Furlan de OLIVEIRA²

RESUMO: Projetos e serviços de engenharia e arquitetura, de uma forma geral, demandam o conhecimento e o levantamento de dados do terreno, sendo estas as primeiras atividades realizadas para garantir a execução adequada de um projeto. Tais atividades são objetos de estudo da topografia e são efetuadas por meio do levantamento topográfico. Especificamente em relação ao levantamento topográfico planimétrico, a sua execução deve garantir a determinação da dimensão, limites e confrontações da área de interesse, para a posterior representação. Os principais métodos de levantamento topográfico planimétrico são: poligonação, irradiação e intersecção, os quais devem ser utilizados de acordo com os objetivos a serem alcançados pelo responsável técnico, em função das peculiaridades da área a ser levantada. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho consiste em realizar as etapas necessárias de um levantamento topográfico planimétrico pelo método de irradiação, o qual foi efetuado em uma área localizada nas dependências do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Para isto, foram realizadas as seguintes etapas: elaboração do croqui da área de estudo, contendo os pontos a serem levantados; aquisição de dados em campo; processamento dos dados e elaboração do desenho topográfico. O resultado destaca o potencial do uso do método de irradiação nas aplicações de engenharia e arquitetura, sendo muito utilizado no levantamento de pontos de detalhes, porém, cabe ressaltar que este método não permite o controle geométrico das medidas obtidas em campo.

Palavras-chave: Topografia. Levantamento topográfico planimétrico. Irradiação. Taqueometria.

1 INTRODUÇÃO

Para a execução de um bom projeto de engenharia e/ou arquitetura, as primeiras atividades a serem realizadas são o reconhecimento e o levantamento de dados do terreno. Somente a partir dessas atividades é possível identificar ou prever se o projeto pode ser realizado devido a barreiras físicas e legais, considerando os

¹ Discente do 3º ano do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente, e-mail: luisaquelho@toledoprudente.edu.br.

² Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Doutor em Ciências Cartográficas pela FCT/UNESP, e-mail: renanoliveira@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

aspectos do local de interesse. No contexto da Topografia, o levantamento de dados do terreno é denominado levantamento topográfico (DOMINGUES, 1979; ABNT, 1994; TULER; SARAIVA, 2014; BORGES, 2016), considerado de suma importância em trabalhos de engenharia e arquitetura, uma vez que muitos dos problemas de execução de um projeto estão relacionados e erros não solucionados nesta etapa.

Devido a sua importância, a topografia se faz presente durante todas as etapas do processo construtivo, desde o projeto até a finalização, o que agrega custo benefício ao empreendimento, e ainda assegura por meio do levantamento topográfico, o conhecimento do terreno, possibilitando uma correta implantação de obras e serviços. Segundo Domingues (1979), a topografia tem como finalidade determinar o contorno, a dimensão e a posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, desconsiderando a curvatura terrestre, o que ocorre durante a realização do levantamento topográfico.

Conforme a NBR 13133 (ABNT, 1994), o levantamento topográfico é definido, de forma geral, como *“Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados”*. O levantamento topográfico pode ser classificado em levantamento topográfico planimétrico, levantamento topográfico altimétrico, ou ainda em levantamento topográfico planialtimétrico, conforme as suas respectivas características e objetivos distintos (ABNT, 1994; VEIGA et al., 2012).

Independentemente do levantamento topográfico a ser considerado, se planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico, de forma geral, as suas principais etapas são (BRINKER; WOLF, 1997): tomada de decisão, onde se relacionam os métodos de levantamento, equipamentos e demais acessórios, pontos a serem levantados em campo, etc; trabalho de campo ou aquisição de dados, efetuam-se as medições e registros de dados; cálculos ou processamento, elaboram-se os cálculos baseados nas medidas obtidas em campo para a determinação de coordenadas, volumes, etc; mapeamento ou representação, faz-se o projeto e a produção do mapa, carta ou planta, a partir dos dados medidos e calculados; e por fim, a locação.

O foco deste trabalho está no levantamento topográfico planimétrico, definido pela ABNT (1994) como *“Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc”*.

Com a evolução dos equipamentos topográficos, diferentes métodos de levantamento topográfico planimétrico surgiram, dentre os principais, destacam-se: a poligonação ou caminhamento, a irradiação, e a intersecção. Cada método tem sua peculiaridade e deve ser utilizado conforme o objetivo do levantamento, diante das vantagens e desvantagens associadas a cada um deles. Neste trabalho, optou-se por utilizar o método de levantamento topográfico planimétrico por irradiação, pelo fato de permitir que a mensuração dos dados seja feita de forma mais ágil, porém, destaca-se também a incapacidade para realizar o controle das medidas, lineares e angulares, coletadas durante o trabalho de campo.

Assim, o objetivo do presente trabalho é realizar de forma detalhada as etapas de um levantamento topográfico planimétrico pelo método de irradiação, desde a coleta de dados em campo, até o processamento/procedimento matemático utilizado para o cálculo das coordenadas dos pontos que delimitam o terreno de interesse, considerando ainda a elaboração da representação a partir do desenho topográfico da área em questão. O método de irradiação foi aplicado a uma área de estudo localizada nas dependências do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Cabe ressaltar que a principal contribuição deste trabalho está associada a execução das etapas e os cuidados necessários para realizar o levantamento topográfico planimétrico pelo método de irradiação, com a finalidade de auxiliar os profissionais e estudantes das áreas de arquitetura e urbanismo e engenharias, em trabalhos que exigem habilidades tanto na aplicação de métodos topográficos quanto na manipulação dos equipamentos e acessórios de topografia.

2 DESENVOLVIMENTO

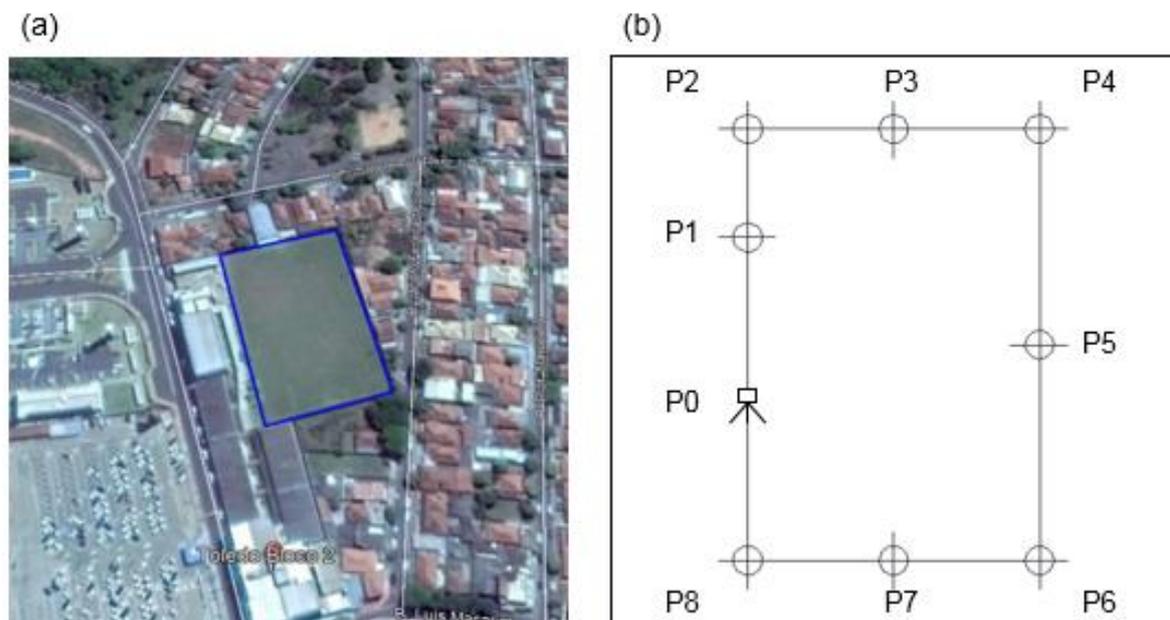
Para a realização do presente trabalho, foram utilizados equipamentos, materiais e recursos tecnológicos, os quais são destacados a seguir:

- Teodolito eletrônico Spectra Precision DET-2;
- Tripé;
- Sapata;
- Mira ou régua graduada;
- Nível de cantoneira;
- Bússola;
- Software AutoCAD.

A primeira etapa realizada neste trabalho, necessária para viabilizar a execução do levantamento topográfico planimétrico pelo método de irradiação, foi a definição da área de estudo. A área escolhida para efetuar o levantamento consistiu em um campo de futebol (Figura 1a), localizado especificamente nas dependências do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. De início, foi feita uma visita até a área de estudo com o objetivo de se familiarizar com o local. A partir da visita, um croqui do campo de futebol foi elaborado, definindo e representando os pontos de interesse que seriam levantados posteriormente, bem como os elementos de contexto espacial. À priori, foram definidos e representados oito pontos, considerados suficientes para a delimitação da área de interesse a partir da execução do levantamento topográfico planimétrico pelo método de irradiação.

Os pontos a serem levantados foram numerados de 1 a 8, e foram identificados com a inicial P, referindo-se à ponto, por exemplo P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8. Além disso, foi definido um ponto no terreno, onde o teodolito ficaria posicionado para realizar as medições em campo. Este ponto foi materializado no terreno por meio de uma sapata e ficou definido como P0. A Figura 1b ilustra o ponto onde o teodolito ficou estacionado, bem como os pontos de interesse a serem levantados durante a aquisição de dados no trabalho de campo.

FIGURA 1 – (a) Imagem do Google Maps ilustrando a área de interesse e (b) croqui de localização contendo os pontos a serem considerados durante o levantamento topográfico, com destaque para o posicionamento do teodolito eletrônico.

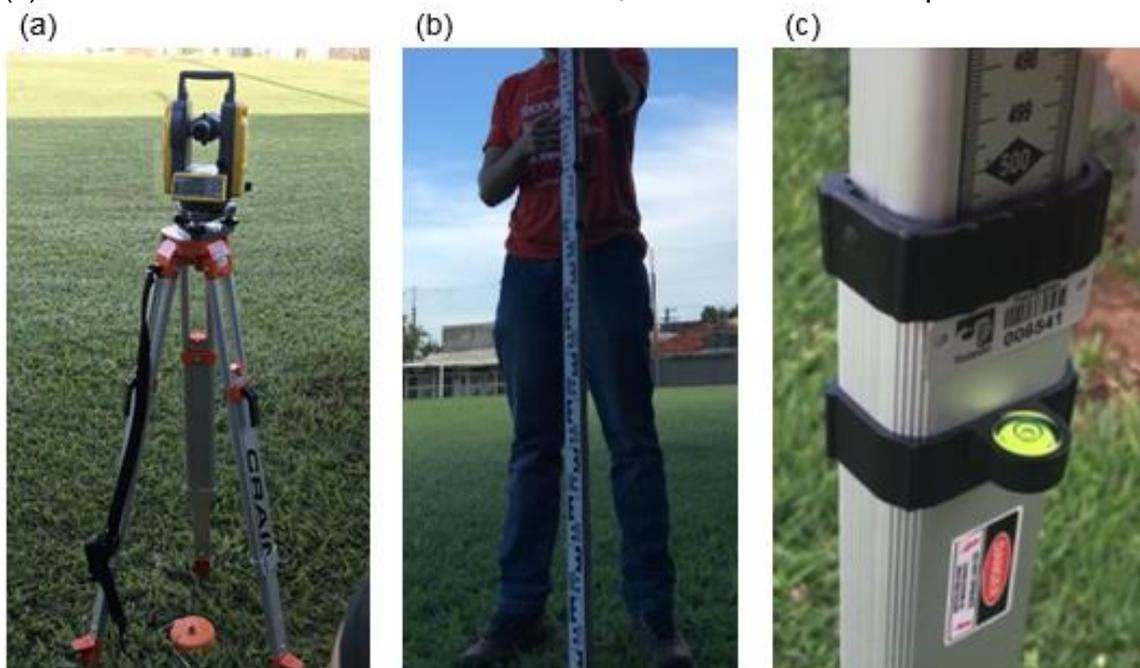


Fonte: (a) Google Maps (<https://www.google.com.br/maps>). Recurso online. (b) elaboração do autor.

Conforme observado na Figura 1b, o teodolito foi estacionado no ponto 0 (P0), onde permaneceu durante todo o levantamento, como exige o método empregado (VEIGA et al., 2012; TULER; SARAIVA, 2014). Assim, os procedimentos de manuseio do teodolito eletrônico Spectra Precision DET-2, incluindo a instalação do teodolito, a centragem, o nivelamento e os ajustes de focalização e pontaria para realizar as leituras dos ângulos visando os pontos de interesse, foram realizados de acordo com as abordagens apresentadas em Quelho e Oliveira (2018). A Figura 2a ilustra o equipamento topográfico preparado para realizar as medidas em campo, bem como os demais acessórios necessários para o levantamento dos dados.

Para realizar a coleta de dados em campo, foi necessário um operador, responsável por manusear o teodolito, e um auxiliar, responsável por se posicionar nos alvos de interesse, de forma sequencial, do ponto P1 ao P8. Os alvos de interesse, utilizados para a realização das medidas, consistiram em miras ou réguas graduadas (Figura 2b). Para garantir o nivelamento das réguas graduadas sobre os pontos de interesse no terreno, níveis de cantoneira foram acoplados às réguas, conforme ilustra a Figura 2c.

FIGURA 2 – (a) Teodolito eletrônico centrado e nivelado no ponto 0, (b) mira ou régua graduada posicionada sobre um ponto de interesse para fazer as medições e (c) mira nivelada com o nível de cantoneira, estacionada em um ponto de interesse.



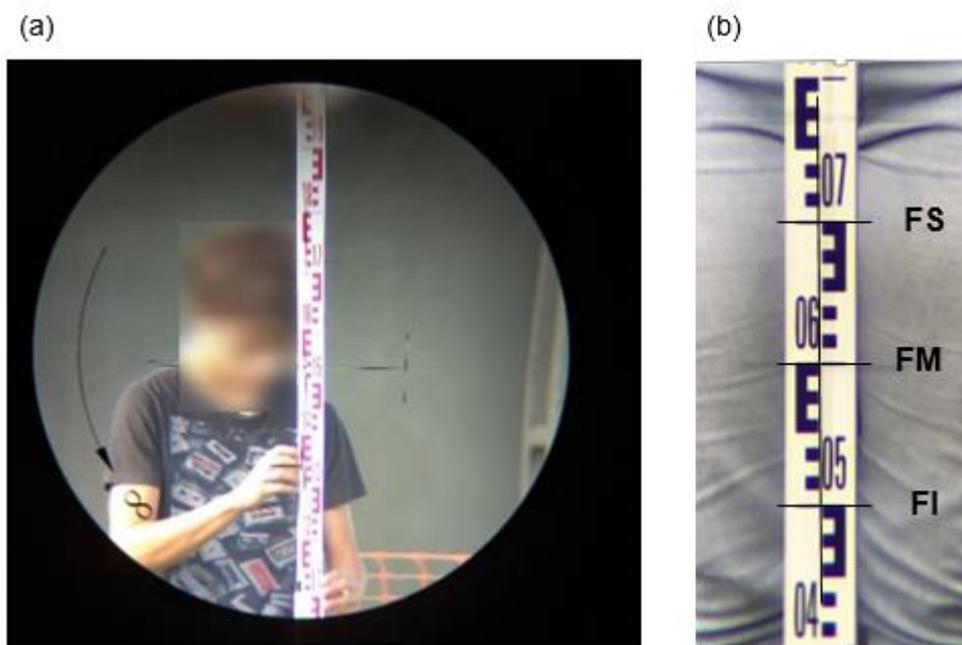
Fonte: acervo pessoal.

Ainda em relação à preparação do teodolito eletrônico, antes de iniciar a coleta de dados, alguns cuidados foram tomados. O primeiro consistiu na consulta do manual do teodolito. Com isto, verificou-se que em relação aos ângulos medidos no plano vertical, o equipamento considera a mensuração do ângulo zenital. Quanto aos ângulos no plano horizontal, o teodolito utiliza de uma referência arbitrária, no qual o operador deve estar atento durante a coleta de dados. O segundo cuidado consistiu na orientação do teodolito eletrônico ao Norte magnético, realizada com o uso de uma bússola. Esta operação foi realizada para se obter ângulos horizontais com referência definida, os azimutes (VEIGA et al., 2012). Uma vez que a referência adotada se torna o Norte magnético, o teodolito passa a medir azimutes magnéticos. O terceiro cuidado diz respeito à definição das coordenadas planimétricas do ponto de partida (P0), em um sistema de coordenadas definido localmente. Sendo assim, foram definidas para o P0, ponto onde o teodolito ficou estacionado durante todo o levantamento, as seguintes coordenadas: $X = 100$ m e $Y = 100$ m, consideradas (X_{origem} , Y_{origem}) para o levantamento de campo.

Durante o levantamento topográfico planimétrico por irradiação, foram efetuadas medidas de ângulos e medidas de distâncias. O teodolito eletrônico mede apenas ângulos, portanto, para obter as distâncias entre o ponto de referência (P0) e

os demais pontos que delimitam a área de interesse (Figura 1b), utilizou-se um método indireto de mensuração de distâncias, a taqueometria (ESPARTEL, 1977; VEIGA et al., 2012). Neste método, as distâncias horizontais entre os pontos no terreno são obtidas indiretamente, em função de outras grandezas observadas com o teodolito. Para isto, o operador deve observar e fazer anotações das leituras dos fios superior e inferior do retículo da luneta que toca a mira, a qual deve estar posicionada e nivelada sobre o ponto de interesse, bem como do ângulo zenital. A Figura 3 ilustra o auxiliar segurando a régua graduada conforme a visão do operador posicionado no teodolito eletrônico, bem como ilustra os fios estadimétricos do teodolito eletrônico, Fio Superior (FS), Fio Médio (FM) e Fio Inferior (FI).

FIGURA 3 – (a) Visada do teodolito eletrônico sobre a mira posicionada em um ponto de interesse e (b) fios estadimétricos (FS, FM, FI) tocando a mira verticalizada no ponto de interesse.



Fonte: acervo pessoal.

A partir dos procedimentos e leitura de dados com o teodolito, é possível calcular indiretamente a distância entre o ponto de referência e o ponto de interesse, por meio da seguinte equação (VEIGA et al., 2012):

$$DH = 100. (FS - FI). \cos Z \quad (1)$$

em que DH é a distância horizontal a ser calculada, 100 é a constante estadimétrica do teodolito eletrônico, a qual deve ser consultada no manual do equipamento, FS é o fio superior, FI é o fio inferior, e Z é o ângulo zenital.

Assim, para cada um dos oito pontos de interesse (Figura 1), os dados necessários foram coletados durante o trabalho de campo e, em seguida, as distâncias horizontais foram calculadas, conforme apresenta a Tabela 1. Cabe ressaltar que as distâncias foram calculadas sempre considerando o ponto 0 (P0) como referência e o ponto de interesse, o qual variou entre P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8.

TABELA 1 – Dados coletados no levantamento de campo (FS, FI e Z) e distâncias horizontais (DH) calculadas por taqueometria.

Direção	Fio Superior (FS)	Fio Inferior (FI)	Ângulo Zenital (Z)	Distância Horizontal (DH)
P0 – P1	1,509 m	1,4 m	89° 19' 49"	13,898 m
P0 – P2	1,570 m	1,0 m	89° 43' 54"	56,998 m
P0 – P3	1,845 m	1,2 m	89° 42' 09"	64,498 m
P0 – P4	1,892 m	1,1 m	89° 44' 40"	79,198 m
P0 – P5	1,920 m	1,3 m	90° 08' 08"	61,999 m
P0 – P6	1,635 m	1,0 m	91° 01' 57"	63,479 m
P0 – P7	1,269 m	0,9 m	91° 01' 21"	36,888 m
P0 – P8	1,236 m	1,0 m	90° 48' 02"	23,595 m

Fonte: elaboração do autor.

Além da necessidade em se conhecer as distâncias horizontais entre o P0 e os pontos de interesse (P1 ao P8), para calcular as coordenadas planimétricas dos pontos P1 a P8, foi necessário coletar os valores dos azimutes magnéticos para cada uma das respectivas direções citadas na Tabela 1. A partir do conhecimento de elementos como a distância horizontal entre o ponto origem e o ponto de interesse, o azimute da direção do alinhamento, bem como as coordenadas iniciais do ponto onde o teodolito ficou estacionado para realizar a coleta de dados (X_{origem} , Y_{origem}), foi possível calcular as coordenadas (X, Y) para os pontos de interesse, conforme as seguintes equações (VEIGA et al., 2012):

$$X_{ponto} = X_{origem} + DH \cdot \text{sen } Az \quad (2)$$

$$Y_{\text{ponto}} = Y_{\text{origem}} + DH \cdot \cos Az \quad (3)$$

As distâncias horizontais entre o ponto origem e os demais pontos de interesse calculadas na etapa anterior, os valores dos azimutes observados para cada direção e os valores das coordenadas calculadas (X, Y) para cada um dos pontos de interesse são apresentados na Tabela 2, a seguir.

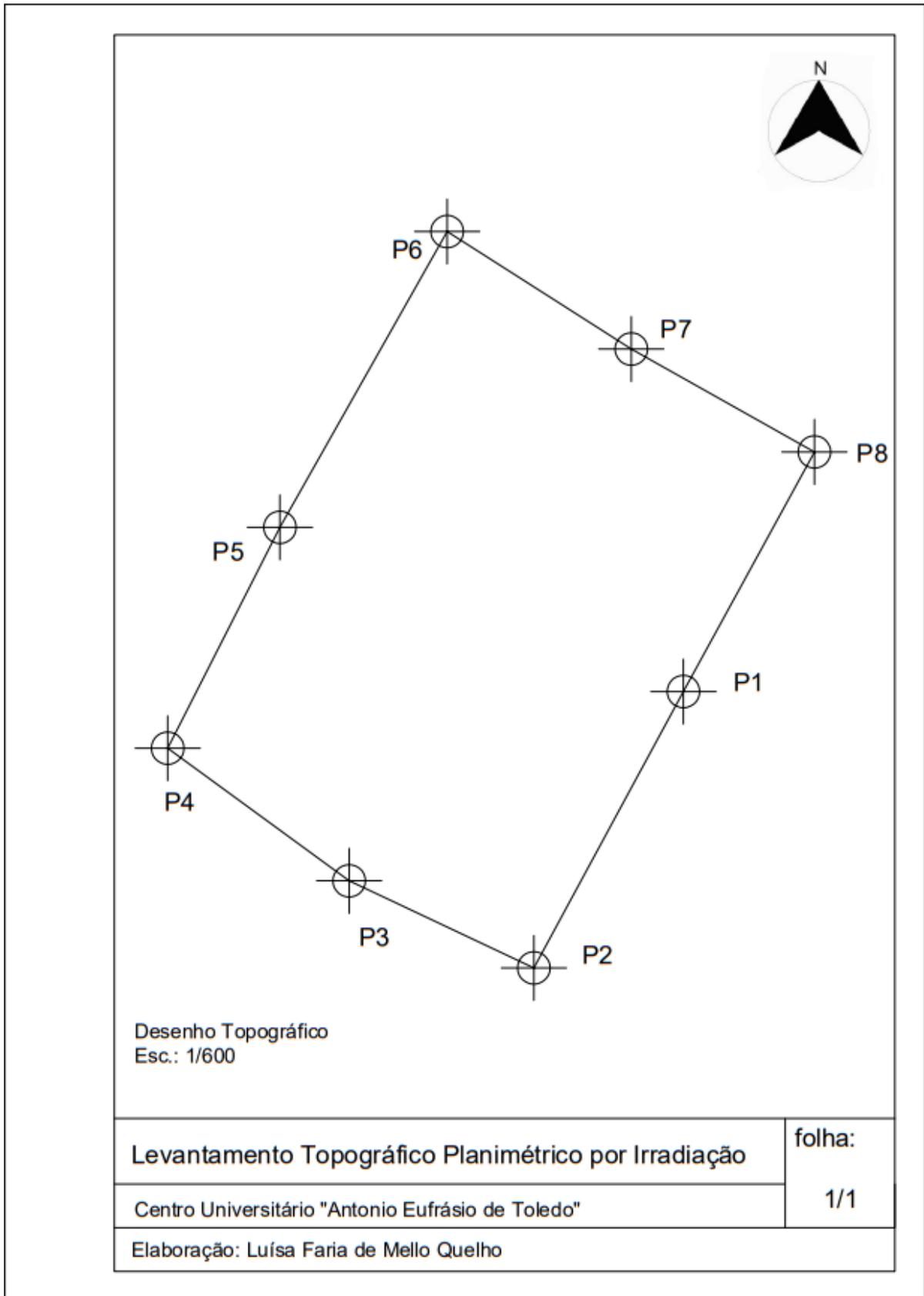
TABELA 2 – Coordenadas planimétricas calculadas para os pontos de interesse (P1 ao P8).

Direção	Distância Horizontal (DH)	Azimute Magnético (Az)	X	Y
P0 – P1	13,898 m	205° 28' 56"	94,02 m	87,45 m
P0 – P2	56,998 m	207° 38' 42"	73,55 m	49,50 m
P0 – P3	64,498 m	233° 17' 44"	48,28 m	61,45 m
P0 – P4	79,198 m	255° 07' 51"	23,45 m	79,67 m
P0 – P5	61,999 m	279° 17' 10"	38,81 m	110,00 m
P0 – P6	63,479 m	322° 53' 02"	61,69 m	150,61 m
P0 – P7	36,888 m	339° 11' 00"	86,89 m	134,48 m
P0 – P8	23,595 m	30° 24' 07"	111,94 m	120,35 m

Fonte: elaboração do autor.

A partir das coordenadas planimétricas calculadas (X, Y), para cada um dos oito pontos de interesse que delimitam a área de estudo, foi utilizado o *software* AutoCAD 2015, em sua versão educacional, para representar espacialmente a área de interesse, consistindo em uma das diversas aplicações provenientes dos métodos de levantamento topográfico planimétrico (ESPARTEL, 1977; VEIGA et al., 2012; TULER; SARAIVA, 2014; BORGES, 2016), inclusive pelo método de irradiação. As coordenadas planimétricas foram plotadas no ambiente do *software*, e em seguida, desenhou-se o terreno alvo do levantamento topográfico planimétrico, por meio das coordenadas dos pontos que o delimitam. A Figura 4 ilustra o desenho topográfico, representando o resultado final do processamento de dados coletados em campo, proveniente do método empregado no presente trabalho.

FIGURA 4 – Desenho topográfico resultante do processamento dos dados coletados em campo.



Fonte: elaboração do autor.

3 CONCLUSÃO

A partir da realização sistemática de todas as etapas efetuadas durante a coleta de dados em campo, empregando o método de levantamento topográfico planimétrico por irradiação, foi possível obter as coordenadas planimétricas para os oito pontos que delimitam a área de interesse, em um sistema de coordenadas local. A partir disso, obteve-se ainda o desenho topográfico da área de interesse, o qual é necessário nos diversos projetos de engenharia e arquitetura, visando a construção de qualquer estrutura. Aplicações como cálculo de área e perímetro do imóvel, bem como a elaboração do memorial descritivo apoiado pelo levantamento de campo são algumas das aplicações provenientes dos métodos de levantamento topográfico planimétrico. Entretanto, cabe destacar que o objetivo principal do presente trabalho foi executar e apresentar, de forma cuidadosa e detalhada as principais etapas envolvidas no levantamento pelo método de irradiação, a fim de auxiliar profissionais de arquitetura e engenharias nas atividades que demandam a utilização adequada das práticas de topografia.

Por outro lado, é importante mencionar que o método empregado não é recomendado para situações em que é preciso realizar o controle geométrico das observações obtidas em campo, tanto para as grandezas angulares quanto para as medidas de distâncias. No caso citado, recomenda-se o método de poligonação. O método de irradiação, adotado no presente trabalho, é recomendado em práticas cujo objetivo é determinar, de maneira rápida, as coordenadas planimétricas de pontos de detalhes do terreno, o qual será utilizado para apoiar tanto a elaboração do projeto quanto a execução de serviços e obras por arquitetos e engenheiros. Dessa forma, a realização do levantamento topográfico planimétrico por irradiação exige do operador uma habilidade na manipulação dos equipamentos de topografia, bem como na obtenção das medidas de ângulos e distâncias durante a aquisição de dados em campo. Além disso, a manipulação das equações e softwares também é um requisito para os profissionais realizarem o trabalho de forma adequada, com destaque tanto para o cálculo das coordenadas dos pontos de interesse, quanto para a elaboração do desenho topográfico e suas possibilidades de aplicações na arquitetura e nas engenharias, de forma geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994, 35p.

BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. 3. ed. Vol. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

BRINKER, R. C.; WOLF, P. R. **Elementary Surveying**. 6 ed. New York: Harper & Row, 1977. 568p.

DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos**. Mac Graw-Hill, 1979.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 5 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1977.

QUELHO, L. F. M.; OLIVEIRA, R. F. Operações para Manuseio do Teodolito Eletrônico Spectra Precision DET-2 em Trabalhos de Topografia. **ETIC-Encontro de Iniciação Científica-ISSN 21-76-8498**, v. 14, n. 14, 2018.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia: Série Tekne**. Bookman Editora, 2014.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**. Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 2012.