

Implantação de uma rede de apoio planialtimétrica no Campus UERJ-Maracanã em conformidade com as NBR 13133/21

IMPLEMENTATION OF A PLANIALTIMETRIC SUPPORT NETWORK IN THE UERJ-MARACANÃ CAMPUS IN ACCORDANCE WITH NBR 13133/21

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SOPORTE PLANIALTIMÉTRICA EN EL CAMPUS DE UERJ-MARACANÃ DE ACUERDO CON NBR 13133/21

Leonardo Vieira Barbalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro

<https://orcid.org/0000-0003-2938-7934>

Israel Neves Lomeus

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

<https://orcid.org/0000-0002-1168-7632>

Alan José Salomão Graça

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Universidade Federal do Paraná

<https://orcid.org/0000-0002-0580-6746>

Sérgio Orlando Antoun Netto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

<https://orcid.org/0000-0002-0490-3106>

Resumo

O uso da Topografia no campo das Engenharias Cartográfica e Agrimensura, Ambiental, Civil, Florestal e na Arquitetura tem sido cada vez mais requerido, devido à necessidade de execução e implantação precisas de projetos de engenharia. Para se executar um serviço de Topografia, se faz necessário ter uma rede de informações posicionais precisas sobre o local de trabalho, nesse caso, uma rede planialtimétrica, onde tem-se informações geoespaciais tridimensionais dos marcos implantados. Este trabalho tem como objetivo a implantação de poligonal fechada e enquadrada, junto ao circuito de nivelamento trigonométrico no campus UERJ-Maracanã, em conformidade com as recomendações da NBR 13133/21, compreendendo as fases de reconhecimento e medição da rede local de apoio; cálculo da poligonal e georreferenciamento, bem como o levantamento de detalhes de interesse do levantamento de campo. Vale ressaltar que essa rede servirá de apoio as aulas de Topografia, dando uma maior vivência prática aos alunos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Topografia. Levantamento Planialtimétrico. Poligonal Topográfica. Circuito de Nivelamento. NBR 13133/21.



Abstract

The use of Surveying in the field of Geomatics Engineering, Environmental Engineering, Civil Engineering, Forest Engineering and Architecture has been increasingly required, due to the need for accurate execution and implementation of engineering projects. To perform a topographic service, it is necessary to have a precise position network about the workplace, in this case, a topographic network, where there is three-dimensional geospatial information of the implanted landmarks. This work aims to implement closed and framed polygonal, along with the Trigonometric Leveling Circuit in the UERJ-Maracanã campus, in accordance with the recommendations of NBR 13133/21, comprising the recognition and measurement phases of the local support network; traversing computations and georeferencing, as well as the surveying of details of interest to the field survey. It is noteworthy that this network will support surveying classes, giving greater practical experience to students of Rio de Janeiro State University.

Keywords: Surveying. Topographic Surveying. Closed Traversing. Trigonometric Levelling Network. NBR 13133/21.

Resumen

El uso de la Topografía en el campo de la Ingeniería Geomática, Ambiental, Civil, Forestal y Arquitectura se ha cada vez más requerido debido a la necesidad de ejecución e implementación precisas de proyectos de ingeniería. Para realizar un servicio de topografía, es necesaria una red de posición precisa sobre el lugar de trabajo, en este caso, una red planialtimétrica, donde hay información geoespacial tridimensional de los hitos implantados. Este trabajo tiene como objetivo implementar poligonal cerrada y enmarcada, junto con el circuito de nivelación trigonométrica en el campus UERJ-Maracanã, en acuerdo con las recomendaciones de NBR 13133/21, que comprenden las fases de reconocimiento y medición de la red de soporte local; Cálculo de poligonal y georreferenciación, así como la encuesta de detalles de interés para la encuesta de campo. Es de destacar que esta red apoyará clases de topografía, dando una mayor experiencia práctica a los estudiantes de la Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Palabras clave: Topografía. Levantamiento Planimétrico y Altimétrico. Poligonal Cerrada. Red de Nivelación. NBR 13133/21.

Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2021) é uma entidade privada e sem fins lucrativos responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBR), elaboradas por seus Comitês Brasileiros (ABNT/CB), Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE). Em meio essas comissões, está a Comissão de Estudos de Serviços Topográficos, vinculada ao Comitê Brasileiro de Construção Civil. Os documentos técnicos gerados não substituem leis, porém em seu papel normativo, visam estabelecer procedimentos padronizados que possibilitam a execução e a fiscalização das atividades.

Na prática cotidiana da engenharia, operações que carecem de assinatura de responsabilidade técnica, têm seus procedimentos e práticas amparadas por uma norma técnica, que confere segurança tanto ao engenheiro, quanto aos seus contratantes. No campo das engenharias, serviços de mensuração realizados em



glebas, obras civis, instalações industriais, caracterizam-se pelo emprego de métodos e instrumentos com o objetivo de coletar dados para a posterior representação. Neste entendimento, denomina-se Levantamento Topográfico o agrupamento dos métodos e processos que se utilizam das medições de ângulos (horizontais e verticais) e distâncias (horizontais, verticais, inclinadas) com os instrumentos apropriados para a implantação de pontos de controle no terreno e a determinação de suas coordenadas topográficas (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Resumidamente como apresentam Ghilani e Wolf (2015), esse levantamento consiste em determinar a localização das feições naturais e artificiais, e a altimetria do terreno, utilizados na geração de produtos cartográficos, tais como cartas, plantas etc.

No Brasil, os levantamentos topográficos estão normatizados pela NBR 13133, atualizada em 2021 (ABNT, 2021), que fixa as condições exigíveis para a sua execução. Segundo essa norma, o levantamento topográfico é caracterizado pelo:

“emprego de métodos para determinar as coordenadas topográficas de pontos, relacionando-os com os detalhes, visando à sua representação planimétrica em escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou com pontos cotados” (ABNT, 2021, p. 5).

O campo do saber que fornece fundamentos, conceitos, métodos, bem como as ferramentas para a práxis dos levantamentos é a Topografia. A Topografia permite a representação de uma pequena parte da superfície terrestre em uma escala apropriada, sendo feita através do levantamento topográfico que se constitui na medição de ângulos, distâncias, cotas, desníveis, a partir de um posicionamento geográfico em um determinado terreno de interesse (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). O diagrama da Figura 1 apresenta resumidamente a finalidade da Topografia. O motivo das determinações em uma porção limitada da Terra é decorrente da limitação do plano topográfico local de modo a ser possível desconsiderar os efeitos da curvatura da Terra. Vale lembrar que a Norma NBR 13133/21 considera essa superfície de referência, denominada Plano Topográfico Local como um plano de projeção limitado a 35 Km (ABNT, 2021). Esta vem a ser uma das principais superfícies de referência adotada nos levantamentos topográficos.

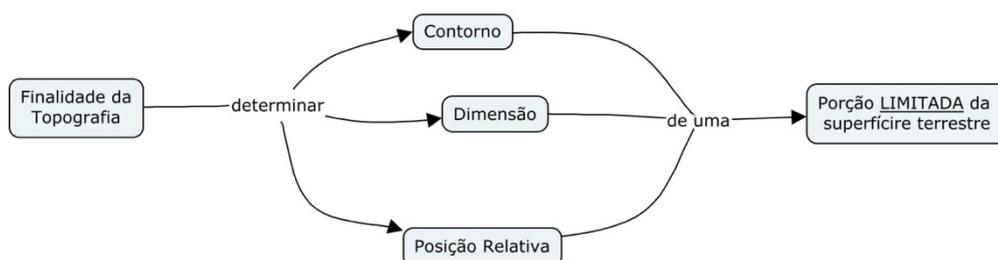


Figura 1 – Finalidade da Topografia

Fonte: Os autores (2023).



No início de qualquer obra de engenharia ou construção deve ser realizado um levantamento topográfico de controle no qual são estabelecidas as posições precisas e acuradas (com base na teoria dos erros) de todos os pontos medidos em campo a partir de uma superfície de referência (KAVANAGH; MASTIN, 2014; UREN; PRICE, 2010). Com a determinação das coordenadas desses pontos, os mesmos podem ser usados para o controle dimensional de edificações (MORAES et al., 2022; FRANÇA et al., 2021), para locações de obras (DA SILVA; FREDERICO; COSTA, 2016; SILVA et al., 2015), no monitoramento de deformações das estruturas (BANDEIRA; KLEIN; VEIGA, 2021; SAMPAIO; DALAZOANA; VEIGA, 2019), bem como na elaboração de mapas e plantas (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; UREN; PRICE, 2010). As redes de apoio planialtimétricas fazem parte dos levantamentos de controle, onde cada vértice da rede fornece valores de referência horizontal (planimetria) e de referência vertical (altimetria). A materialização de redes de apoio planimétricas ou planialtimétricas é uma prática normal para canteiros de obras, pois o trabalho de levantamento é bastante simplificado, e dessa forma menos erros são cometidos ao usar coordenadas retangulares para implantação e outros trabalhos dimensionais (UREN; PRICE, 2010; SCHOFIELD; BREACH, 2007).

Um dos procedimentos metodológicos empregados para a implantação de uma rede de apoio é conhecido como poligonação (TULER; SARAIVA, 2014; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; UREN; PRICE, 2010). Esse método envolve a medição de ângulos e distâncias, que são usados para calcular as coordenadas dos pontos de controle intervisíveis materializados em campo (GHILANI; WOLF, 2015; UREN; PRICE, 2010). O produto desse método, a poligonal, consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através dessas medições de campo (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). No sentido do caminhar de uma poligonal, além das medidas planimétricas, também podem ser coletadas observações altimétricas, estabelecendo nos vértices da própria poligonal, um circuito de nivelamento. Neste caso, um outro método eficaz que pode ser adotado para se definir a rede planialtimétrica é o nivelamento trigonométrico (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; TULER; SARAIVA, 2014; KAVANAGH; MASTIN, 2014).

O nivelamento trigonométrico tornou-se amplamente utilizado nos levantamentos topográficos pelo crescente emprego das estações totais nas práticas de campo. Trata-se do processo de determinação das diferenças de elevação das estações (pontos medidos) a partir de ângulos verticais ou zenitais gerados pela linha de visada ao alvo e distâncias entre os declives (ABNT, 2021; GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; CEYLAN; BAYKAL, 2006). Semelhante ao nivelamento geométrico, a diferença de altura entre pontos de referência (ré) e pontos de viragem (vante) é calculada como a soma de várias diferenças de altura individuais obtidas de cada ocupação em campo (CEYLAN; BAYKAL, 2006). Nesse método de densificação das altitudes com uso de estação total, as distâncias entre as estações podem ser



determinadas a partir das coordenadas obtidas no levantamento (ABNT, 2021; 2022b). Nas aplicações em obras de engenharia, aplica-se o nivelamento trigonométrico para a definição de pontos cotados no terreno para a geração das plantas topográficas (TULER; SARAIVA, 2014; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). No processo de locação, onde demarcam-se as cotas definidas no projeto através das medidas de distâncias inclinadas, ângulo vertical, ângulo zenital obtidos com base na referência de nível (RN) visando o ponto a ser locado (ABNT, 2022a).

A implantação de rede de apoio nas dependências de um campus universitário, seguindo as especificações da NBR 13133 (ABNT, 2021), bem como procedimentos que viabilizem trabalhos a serem realizados em conformidade com esta, e com as NBR 17058 e NBR 17082 (ABNT, 2022b), traz benefícios para além dos “muros” da Universidade, podendo assistir a projetos de engenharia que atendam a demandas da sociedade. Baseados nas discussões de Ghilani e Wolf (2015) e Veiga, Zanetti e Faggion (2012), o presente artigo apresenta uma metodologia baseada em 4 aspectos do trabalho de campo em Topografia: 1) Tomada de decisão: onde se relacionam os métodos de levantamento, equipamentos, posições ou pontos a serem levantados; 2) Trabalho de campo ou aquisição de dados: efetuam-se as medições e gravação de dados; 3) Cálculos ou processamento: elaboram-se os cálculos baseados nas medidas obtidas para a determinação de coordenadas, volumes, etc. O objetivo do artigo foi apresentar as etapas acima mencionadas e a partir dos procedimentos descritos na NBR 13133 – Execução de levantamentos topográficos – Procedimentos (ABNT, 2021), que estabelece os procedimentos a serem aplicados na execução de levantamentos topográficos e os requisitos que compatibilizam medidas angulares, lineares, desníveis e respectivas tolerâncias em função dos erros. Realizou-se o levantamento topográfico previamente planejado em gabinete, implantando a rede planialtimétrica através de um levantamento topográfico semiautomatizado (MARTINS et al., 2017; MIRANDA; VEIGA, 2016; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012), ajustar as observações adquiridas em campo, e analisar a classificação dos resultados obtidos conforme as especificações da norma. Além disso, buscou-se criar outras formas de se ter acesso na *web* aos dados dessa rede materializada pelo levantamento topográfico, produzindo como resultados os relatórios de classificação da planialtimetria e uma saída gráfica interativa em formato de mapa *web* do *google my maps*, acessível remotamente a *softwares* dessa *api* em campo. Esse trabalho visa atender não só a futuros levantamentos realizados no campus universitário, mas tem finalidades tanto didáticas quanto extensionistas, servindo às práticas de aulas em um bairro que apresenta quatro universidades e duas escolas técnicas, quanto para dar suporte a projetos de engenharia voltados para o bairro Maracanã, que demandam locação de obras, voos com drones para fins de *as built* a monitoramentos de deslocamento e deformações em obras civis existentes.

1 Materiais e Métodos

A Figura 2 descreve em forma de fluxograma as etapas do desenvolvimento metodológico deste trabalho. Inicialmente, realizou-se o levantamento bibliográfico sobre o assunto proposto, discutido na introdução e na metodologia, e a partir do reconhecimento da área a ser levantada no *Campus* UERJ Maracanã iniciou-se a materialização dos vértices que compõem a rede.

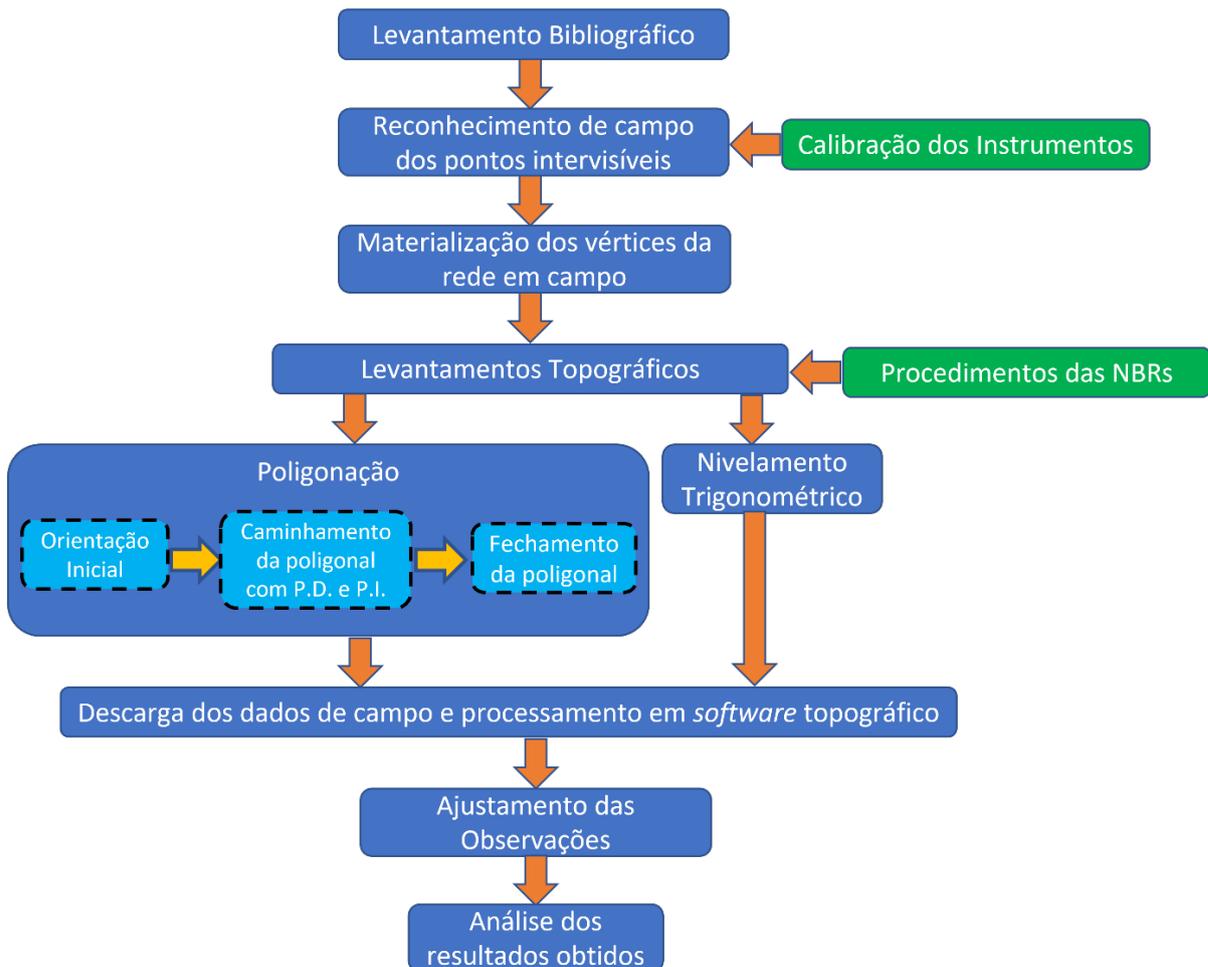


Figura 2 – Fluxograma apresentando a sequência dos procedimentos metodológicos
Fonte: Os autores (2023).

1.1 Área de estudos

O *campus* Maracanã da UERJ foi o local escolhido para a implantação dos marcos, já que as atividades práticas de topografia são majoritariamente realizadas neste local. O seu terreno possui uma área de aproximadamente 93.500 m² e 1.281m de perímetro, localizado no bairro do Maracanã, Rio de Janeiro. As coordenadas do centroide referente ao lote são E= 681050,683 m e N= 7465097,777m, e ele está localizado no fuso 23 Sul a oeste do Meridiano de Greenwich (FORTUNATO; ANTOUN NETTO; BARBALHO, 2019). A Figura 3 ilustra a localização e situação da área de estudo.

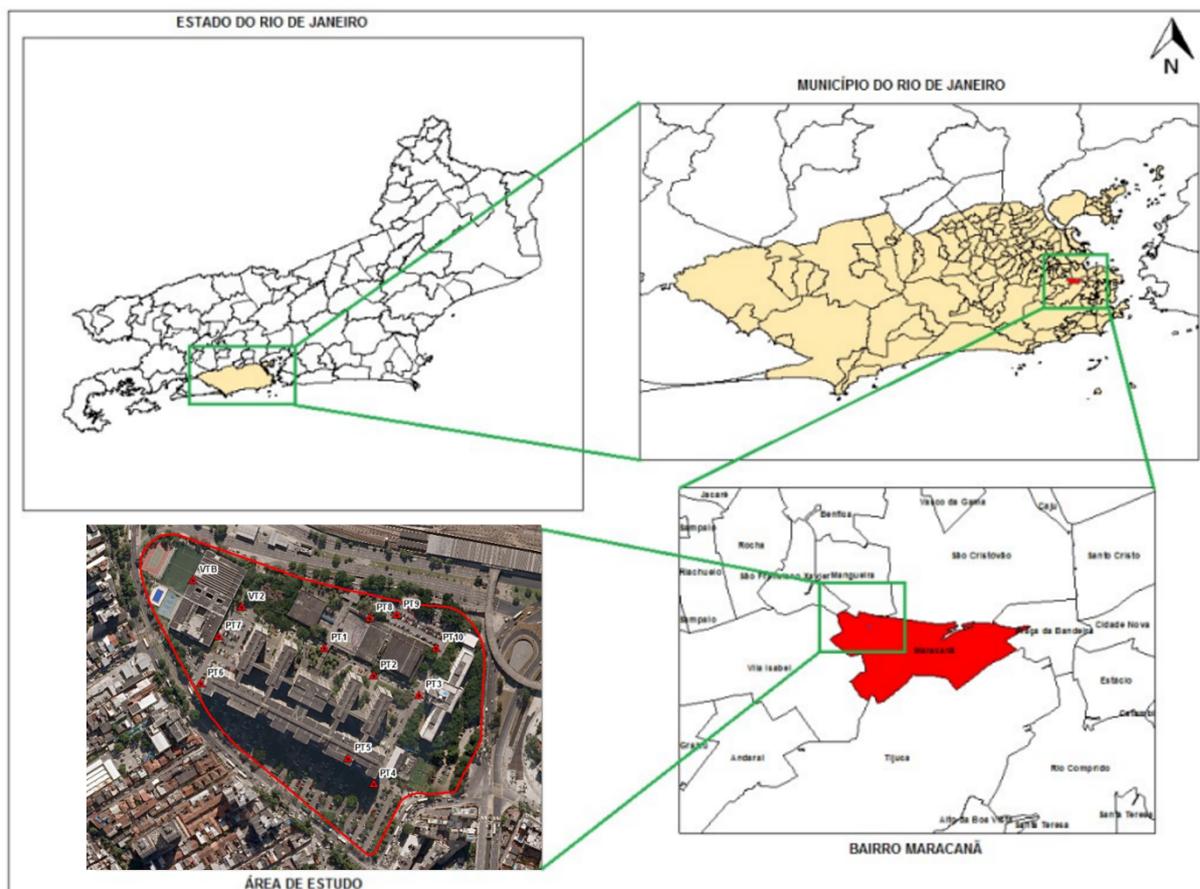


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Os autores (2023).

A área de estudo encontra-se localizada no PAA 8676 e está compreendida entre os seguintes logradouros: Rua São Francisco Xavier, Rua Radialista Waldir Amaral, Avenida Professor Manoel de Abreu, Avenida Presidente Castelo Branco. Trata-se de um local altamente dinâmico em termos de obras de engenharia, dada sua proximidade com o Estádio do Maracanã, a avenida Radial Oeste (uma das principais vias de trânsito na cidade do Rio de Janeiro) bem como o fato de tratar-se de um bairro altamente susceptível a enchentes, marcado por uma sucessão de obras hidráulicas no entorno do Rio Maracanã (PENNA et al., 2019).

A presença de escolas de formação técnica e instituições de nível superior com formação em engenharias, confere um papel didático importante a implantação da rede planialtimétrica proposta. Atividades práticas de ensino de Topografia, tanto em planimetria quanto em altimetria (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012), carecem de vértices com coordenadas previamente determinadas e ajustadas, para a realização de irradiações, interseções, locações ou mesmo para gerar novas geometrias de apoio por poligonação e/ou circuitos de nivelamento.



1.2 Materiais Empregados

A fim de tornar exequível a metodologia proposta na Figura 2, o trabalho recorreu ao uso de equipamentos digitais para levantamentos topográficos semiautomatizados, capturando em caderneta eletrônica as observações coletadas, evitando assim erros grosseiros de anotação dos valores (VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; MIRANDA; VEIGA, 2016; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; MEDINA; DE FREITAS, 1999). As principais ferramentas empregadas foram a estação total e posteriormente os *softwares* topográficos de ajustamentos e desenho assistido por computador. Essas soluções permitiram a otimização do tempo despendido para o levantamento em campo, bem como para o processamento dos dados registrados a fim de realizar o fechamento da poligonal e sua posterior representação (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; VAZ; CINTRA; ALMEIDA FILHO, 2020; CARVALHO et al., 2018).

A Estação Total utilizada neste estudo de caso foi uma TS06 Leica FlexLine, da fabricante *Leica Geosystems*, com as especificações gerais descritas na Tabela 1. Esse equipamento possui uma interação dinâmica que possibilita ao operador um controle maior quanto à centragem nas estações topográficas, observação dos desvios obtidos por conta desta ação, opções quanto às medidas a serem tomadas mediante estes erros e diminuição de erros angulares com medidas diametralmente opostas (MIȚĂ et al., 2020). O prisma utilizado na ocupação dos vértices da poligonal é do mesmo fabricante, e apresenta suas especificações listadas na Tabela 2. Esse equipamento garante um melhor retorno do sinal via reflexão especular, e sua constante (ou *offset*) foi previamente configurada com os demais parâmetros na estação total antes de iniciar as leituras (RODRÍGUEZ; VEIGA, 2019).

Especificações	Valores
Fabricante	Leica Geosystems
Modelo	Leica FlexLine TS 06
Alcance Máximo (m)	3500
Precisão Linear	$\pm 1,5\text{mm} + 2\text{ppm}$
Precisão Angular (°)	5"

Tabela 1 – Especificações técnicas da estação total Leica TS06

Especificações	Valores
Fabricante	Leica Geosystems
Modelo	GPR111
Constante	0mm na estação Leica e -34.4mm para estações de outros fabricantes

Tabela 2 – Especificações técnicas do prisma

Na atualidade a instrumentação necessária para se realizar o levantamento planialtimétrico proposto no experimento desse artigo, pode ser apresentada didaticamente na Figura 4. Os procedimentos explicitados na NBR 13133, viabilizam que tanto a poligonização quanto o nivelamento trigonométrico sejam realizados por instrumentos ópticos como os teodolitos (MEDINA; DE FREITAS, 1999; BORGES, 1977), bem como por instrumentos do mais baixo grau de automação como os teodolitos eletrônicos (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; UREN; PRICE, 2010), até um maior nível de automação como estações totais (SANTOS et al., 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012) e estações totais robotizadas (RODRÍGUEZ; VEIGA, 2019; FERREIRA; CHAVES, 2017). Ao centro da Figura 4, está apresentado de forma genérica o que a NBR 13133 define como “instrumentos auxiliares” (ABNT, 2021, p. 12). No caso específico dos teodolitos, o emprego das miras é essencial para a prática do nivelamento trigonométrico, ao passo que nas estações totais os desníveis podem ser obtidos na pontaria realizada para o centro óptico do prisma (GOPI; SATHIKUMAR; MADHU, 2018; SCHOFIELD; BREACH, 2007). Os tripés com as bases nivelantes com prumo são essenciais nas operações de centragem e estacionamento do equipamento (FERREIRA; CHAVES, 2017; SCHOFIELD; BREACH, 2007). O bastão de prisma, devidamente de nivelado com sua bolha circular, confere a verticalidade das leituras, ao passo que também possibilita regular a altura mais adequada para as leituras de observações registradas no terreno (SANTOS et al., 2021; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).



Figura 4 – Instrumentação topográfica para os levantamentos propostos, em diferentes graus de automação

Fonte: Os autores (2023).



Antes de empregar essa instrumentação em campo, é necessário que sejam feitas periodicamente, verificações, retificações, calibrações e classificações dos instrumentos, em conformidade com a NBR 13133 (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; MEDINA; DE FREITAS, 1999). Essa estação utilizada nos levantamentos corresponde às especificações descritas na Tabela 1, uma vez que a mesma fora previamente calibrada por uma empresa especializada que efetuou em laboratório a retificação e a classificação instrumental em laboratório conforme as especificações de fábrica emitindo certificado de calibração com registro rastreável pelo INMETRO (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021). O fato da UERJ não possuir em seus *campi*, uma base para a classificação angular e linear de teodolitos e estações totais (SILVA; FAGGION; MEDINA, 2022; NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021), fez com que essa operação também fosse realizada pela empresa que realizou a calibração em laboratório.

A fim de realizar o ajustamento das observações coletadas e viabilizar a posterior representação da geometria da rede planialtimétrica, adotou-se o *software* topográfico *DataGeosis*, versão acadêmica 7.16.0.0 fabricado e distribuído pela empresa *Alezi Teodolini*. Esse *software* identifica os valores da caderneta eletrônica e o formato de arquivos gerados pela estação total (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; CARVALHO et al., 2018).

A representação geométrica da rede, bem como suas especificações descritivas foram transferidas para um arquivo de mapeamento *web* no formato *.kmz*, através o aplicativo *Google My Maps* (SHOLIAH; WIDODO, 2018). Dessa forma, espera-se uma maior portabilidade de informações para usuários que utilizam essa poligonal em levantamentos topográficos no futuro.

1.3 Metodologia do Levantamento Topográfico

Para que se pudesse fazer os devidos ajustes correspondentes às normas vigentes da NBR 13133 para os levantamentos planialtimétricos, optou-se pela realização de uma poligonal fechada (poligonal principal) e uma poligonal enquadrada (poligonal secundária), como mostra esquematicamente a Figura 5. A poligonal fechada inicia o caminhamento em um ponto com coordenadas conhecidas e retorna ao mesmo ponto ao final do caminhamento, permitindo a verificação dos erros de fechamento angular e linear (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Na poligonal enquadrada também é possível a verificação dos mesmos erros, no entanto, essa difere da poligonal fechada por ter início em dois pontos de coordenadas conhecidas e terminar o caminhamento em outros dois pontos de coordenadas conhecidas distintos (CARVALHO et al., 2018; VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

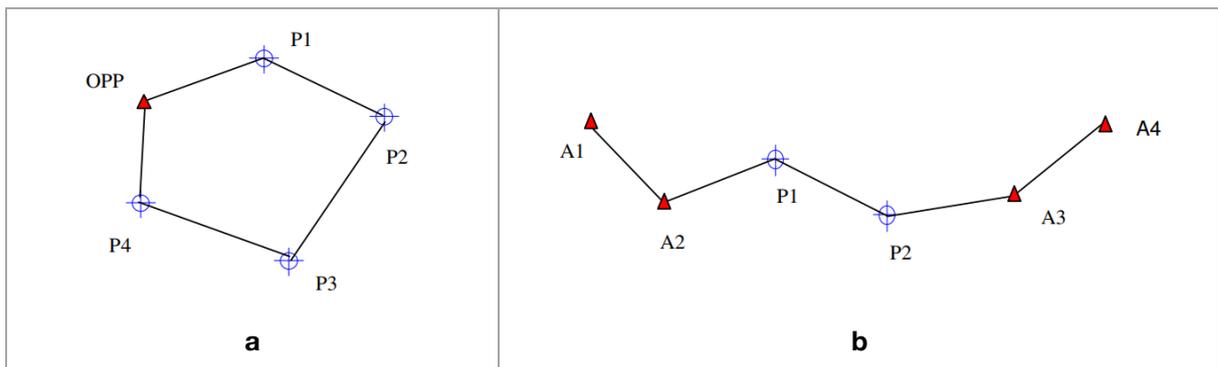


Figura 5 – Esquema didático das poligonais fechada (a) e enquadrada (b)

Fonte: Veiga, Zanetti e Faggion (2012).

A geometria da rede planialtimétrica no campus universitário (Figura 6) foi planejada em gabinete após o primeiro trabalho de campo, onde foram reconhecidos os pontos topográficos intervisíveis que possibilitavam: a materialização de vértices, e a sua posterior ocupação para viabilizar o caminhamento da poligonal. Manteve-se a preocupação de materializar alguns dos vértices (P9 e P10) em ambientes livres de obstruções (árvores, prédios etc.), o que irá possibilitar o rastreo em levantamentos por GNSS.

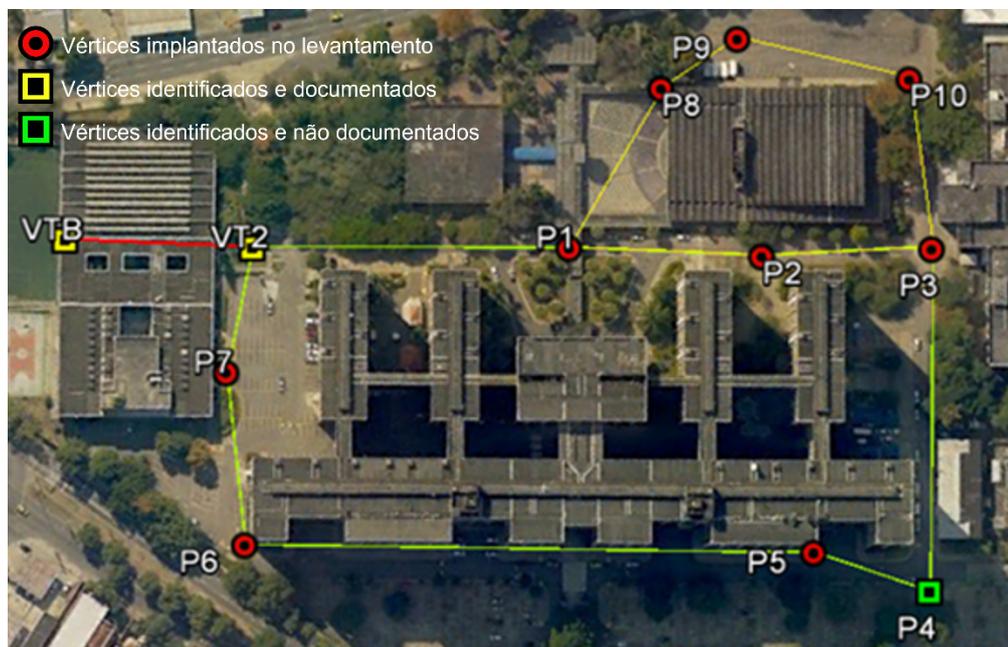


Figura 6 – Traçado das poligonais levantadas para a rede planialtimétrica

Fonte: Os autores (2023).

O traçado da poligonal principal teve início no ponto VT2, materializado por Portugal (2014), com orientação para o ponto VTB (origem dos azimutes). Ambos os vértices estão referenciados ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) em conformidade com a NBR 14166 (ABNT, 2022c), tendo sido rastreados conforme às



especificações do IBGE (2017). Para fins de georreferenciamento, no cadastro patrimonial do *campus* Maracanã da UERJ, esses vértices utilizados no artigo de Fortunato, Antoun Netto e Barbalho (2019) foram aqui documentados em monografias (Figura 7), seguindo às especificações descritas nesse trabalho mencionado, e em Portugal (2014), com base no modelo monografia apresentado pela NBR 13133 (ABNT, 2021).

VÉRTICES DA POLIGONAL		RELATÓRIO DE CAMPO	
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO: VTB			
POLIGONAL UERJ			
RESPONSÁVEL:	DATAS	MATERIALIZAÇÃO DO PONTO	08 de Março 2014
Caio Portugal		MEDIÇÃO TOPOGRÁFICA	08 de Março 2014
		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	08 de março 2014
COORDENADAS PLANAS			
SIRGAS 2000			
ESTE (m)	680.762,657		
NORTE (m)	7.465.357,747		
Altitude Ortométrica (m)	14,438		
Meridiano Central	45°WGr		
LOCALIZAÇÃO DO PONTO: Em frente às quadras descobertas do Complexo Esportivo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ. Entre o ginásio poliesportivo e o restaurante.			
			

a

VÉRTICES DA POLIGONAL		RELATÓRIO DE CAMPO	
IDENTIFICAÇÃO DO PONTO: VT2			
POLIGONAL UERJ			
RESPONSÁVEL:	DATAS	MATERIALIZAÇÃO DO PONTO	04 de Maio 2013
Caio Portugal		MEDIÇÃO TOPOGRÁFICA	11 de Maio 2013
		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO	08 de março 2014
COORDENADAS PLANAS			
SIRGAS 2000			
ESTE (m)	680.820,990		
NORTE (m)	7.465.325,580		
Altitude Ortométrica (m)	12,695		
Meridiano Central	45°WGr		
LOCALIZAÇÃO DO PONTO: Canteiro localizado em no acesso ao ginásio poliesportivo da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ.			
			

b

Figura 7 – Monografia dos vértices VTB (a) e VT2 (b), referenciados ao SGB.

Fonte: Os autores (2023).

Após o reconhecimento desses dois vértices e dos locais que garantem intervisibilidade (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; COELHO; CHAVES, 2015), foi realizada a materialização no campo dos vértices que irão compor a poligonal, em conformidade com a geometria proposta em gabinete, como mostrou a Figura 6. Para a poligonal principal atravessam-se uma única vez, sete marcos consecutivos (P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7), finalizando o caminhamento no vértice inicial, no caso o VT2, documentado conforme a Figura 7.

Nessa geometria proposta, o objetivo da poligonal secundária foi a densificação do apoio topográfico até uma área livre das edificações mais altas do *campus*, possibilitando a realização de levantamentos com GNSS com menor interferência por multicaminho de sinais refletidos do satélite ao receptor (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; COELHO; CHAVES, 2015). No caso dessa poligonal secundária, parte-se do ponto P1 passando por P8, P9, P10 e finalizando assim, o caminhamento em P3 (Figura 6).

A implantação de novos vértices foi realizada de acordo com o procedimento de densificação dos vértices de uma rede de referência cadastral especificado na NBR 14166 (ABNT, 2022c). Foram implantados nove vértices do tipo “chapa metálica com furo central incrustada na superfície” (ABNT, 2022c, p. 9). A fixação se deu em locais estáveis (ABNT, 2021) aplicando um composto de massa epóxi entre a chapa e o furo na superfície. O vértice nomeado como P4 (Figura 6), fora identificado no trabalho de campo de reconhecimento dos pontos intervisíveis. Nessa atividade, foi realizada uma verificação da realidade física atestando a existência desse marco de concreto (BRITO FILHO et al., 2017), parcialmente soterrado com uma chapa metálica em seu topo, e dos vértices VTB e VT2 que são do tipo “pino com furo central” (ABNT, 2022c, p. 9). No caso específico de P4, não foi encontrada nenhuma documentação atestando às especificações desse vértice. A Figura 8, apresenta alguns desses vértices utilizados na rede implantada.



Figura 8 – Vértices pertencentes a rede planialtimétrica do artigo (VTB, P4, P3 e P9)

Fonte: Os autores (2023).



Para a execução das poligonais planejadas, foram propostas leituras de ângulos horizontais, no sentido horário, entre os pontos de ré e vante, além da distância inclinada entre o equipamento e o prisma posicionado sobre a marca central destes pontos, e os ângulos zenitais (correspondentes aos alvos observados). Foram consideradas também a altura entre o eixo de rotação da luneta e o ponto de centragem (altura do instrumento) e a altura do prisma. A centragem do equipamento é necessária para que haja um controle maior sobre o posicionamento relativo do eixo principal do equipamento sobre a estação topográfica, e para tanto fez-se a mesma com o uso do prumo laser presente na base nivelante da estação total (UREN; PRICE, 2010). A magnitude dos erros de centragem é explorada em Ferreira e Chaves (2017).

Com o intuito de compensar erros de leitura provocados por desvios mecânicos na estação total, como erros de calagem, de colimação horizontal e vertical, de falta de horizontalidade do eixo secundário e de excentricidade do limbo, foram realizadas de acordo com NBR 13133 as “séries de leituras conjugadas” (ABNT, 2021, p. 15), aplicando visadas recíprocas com uma pontaria direta (PD) e uma pontaria inversa (PI). Essa técnica também é conhecida na literatura como leitura de pares conjugados (NUNES; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2021; MIRANDA; VEIGA, 2016).

A poligonização necessita de um sistema de orientação e posicionamento definido na sua primeira leitura para iniciar o levantamento (UREN; PRICE, 2010), utilizou-se aqui as coordenadas UTM dos pontos VT2 e VTB. Todos os valores observados ao longo desta etapa do levantamento: a altura do equipamento, a altura do prisma, os ângulos horizontais e verticais, a distância inclinada, os códigos das estações e os códigos de descrição, foram registrados na caderneta de campo eletrônica do equipamento (UREN; PRICE, 2010).

Iniciou-se o caminhamento da poligonal no marco VT2, prosseguindo para os demais marcos no sentido horário. A medição dos pontos se deu de modo que primeiro realizava-se a centragem do equipamento sobre a estação topográfica seguido do seu nivelamento e calagem. Em seguida, o sistema bastão e prisma (SANTOS et al., 2021), era centralizado sobre a estação a ré, mantendo a verticalidade do conjunto com o nível de bolha circular do bastão (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Após a instalação destes equipamentos, foram obtidas as suas alturas. Para medir a altura da estação total, utilizou-se uma trena, estendida entre ponto e o eixo de visada do equipamento, uma vez que o mesmo não possui um medidor de distâncias eletrônico no seu prumo laser. Para se medir a altura do sistema bastão e prisma, utilizou-se o valor da marcação grafada no próprio instrumento.

Após a inicialização do sistema da estação total, deu-se início ao procedimento de orientação inicial, com a visada a ré em VTB, definido como origem dos azimutes da poligonal, onde o ângulo horizontal foi zerado no momento que o centro do retículo do equipamento alcançou o pé do bastão sobre o ponto. Posteriormente, posicionou-se o retículo da luneta no centro do prisma refletor, para a realização das medidas de distância e de ângulo zenital. Logo após foi realizada então a leitura da ré inversa,



girando-se a luneta em 180° , tanto na horizontal quanto na vertical, repetindo-se o procedimento de visada já descrito anteriormente, com a atribuição do valor de 180° para o ângulo inicial. Depois, o bastão foi deslocado até a estação de vante (P1), onde foi centrado, e realizou-se as visadas à vante e vante inversa obtendo-se os valores de ângulos horizontais, distâncias inclinadas e ângulos zenitais. Logo após, ocupou-se o vértice P1 repetindo os procedimentos anteriores, com visadas à ré no ponto VT2 e à vante no vértice P2. Repetiu-se o procedimento nos demais vértices, até o retorno ao vértice VT2, no qual a poligonal foi fechada.

Quanto a poligonal secundária, o caminhamento teve sua origem no vértice P1, com orientação a ré no vértice VT2 e visada à vante no vértice P8. Repetiu-se o procedimento nos vértices P8, P9 e P10, até chegar no Vértice P3, pertencente à poligonal principal.

A obtenção dos valores altimétricos dos desníveis, a partir da leitura do ângulo vertical gerado pela linha de visada na estação ocupada até o prisma, se deu ao longo do caminhamento em sentido horário em ambas as poligonais. Empregando o método de nivelamento trigonométrico de acordo com os procedimentos da NBR 13133 (ABNT, 2021), as observações dos ângulos verticais foram realizadas com a leitura dos pares conjugados, com a luneta na posição direta e na posição inversa. A adoção desse método para obtenção da altimetria, levou em consideração a realização de possíveis trabalhos futuros de engenharia, onde recomenda-se o nivelamento trigonométrico como método para a implantação do apoio topográfico planialtimétrico (ABNT, 2022a; ABNT, 2022b). Esse vem a ser o caso das locações de obras e controle dimensional de edificações, com procedimentos recomendados pela NBR 17058 (ABNT, 2022a), bem como as locações de obras de terraplanagem, especificadas pela NBR 17082 (ABNT, 2022b).

1.4 Ajustamentos das observações obtidas nos levantamentos

Com base na teoria dos erros (SILVA; SEGANTINE, 2015), manteve-se a preocupação durante todo o levantamento de minimizar e evitar a ocorrência de erros grosseiros (MEDINA; DE FREITAS, 1999). Os métodos de ajustamentos empregados aqui, destinam-se a obter de forma acurada os valores das observações angulares, lineares e desníveis.

Para a correção do erro altimétrico total obtido no levantamento foi utilizado um método de proporcionalidade, de modo que, o ajuste no desnível seria proporcional à distância de visada. Dessa forma, foi gerado um fator de correção relativo à correção altimétrica por extensão de leitura, que por sua vez, foi multiplicado pela distância de leitura, gerando dessa forma, a correção relativa a cada trecho. Subsequentemente, esta correção foi subtraída do valor de desnível altimétrico original para se chegar ao desnível final corrigido e um somatório total de desníveis igual a zero. Para esse método, aplicam-se às equações de 1 a 3.



$$\tan \alpha = \frac{Dv}{Dh} \quad (1)$$

$$DN = Dv + i - a \quad (2)$$

$$DN = Dh \times \tan \alpha + i - a \quad (3)$$

Onde α é o ângulo de inclinação do terreno; Dn, a diferença de nível; Dv, distância vertical; Dh, a distância horizontal; i , a altura do instrumento e a , a altura do prisma.

Um método alternativo de cálculo eletrônico da poligonização que é apresentado com mais frequência nas publicações didáticas sobre Topografia, e recomendado nos procedimentos da NBR 13133, é denominado Regra da Bússola (*compass rule*) ou Método de Bowditch (ABNT, 2021; GHILANI; WOLF, 2015; McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013). Este método baseia-se na suposição de que a qualidade das medições lineares de distância e angulares é aproximadamente a mesma, supondo-se que os erros no trabalho são acidentais e, portanto, que o erro total em um determinado lado da poligonal fechada é diretamente proporcional ao seu comprimento (McCORMAC; SARASUA; DAVIS, 2013). Admite-se que o deslocamento de cada ponto é paralelo ao vetor de erro e é proporcional às distâncias totais dos pontos desde a origem da poligonal (AMINI; MEHRDAD, 2020). A distribuição do erro angular se dá igualmente entre os vértices da poligonal (CARVALHO et al., 2011). Portanto, o ajuste aplicado a cada uma das coordenadas E (Leste) e N (Norte) (AMINI; MEHRDAD, 2020). O método de Bowditch é um método mundialmente usado, porém não é um método rigoroso de ajustamento, como o Método dos Mínimos Quadrados (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018; CARVALHO et al., 2011). Experimentos como os de Amini e Mehrdad (2020) e Carvalho et al. (2011) mostram que as discrepâncias entre os dois métodos, para experimentos semelhantes ao desse artigo, estão na ordem de poucos milímetros.

Os itens a seguir, mostram como o Método de Bowditch foi aplicado para o ajustamento das poligonais.

1.4.1 CALCULAR O FECHAMENTO ANGULAR E DE SUA DISTRIBUIÇÃO

O somatório dos ângulos horários (α_e) de um polígono é dado pela Equação 4:

$$\sum \alpha_e = (n+2) \times 180^\circ \quad (4)$$

onde n é o número de estações da poligonal. O erro angular (e_a) cometido será conhecido através da expressão da Equação 5:



$$e_a = \sum \alpha_m - (n \pm 2) \times 180^\circ \quad (5)$$

Em seguida verifica-se a tolerância angular (ϵ_a), que pode ser entendida como o erro angular máximo admissível para uma determinada classe de poligonal. Nos procedimentos da NBR 13133 recomenda-se a utilização da Equação 6 para as aplicações topográficas em geral.

$$\epsilon_a = b \times \sqrt{n} \quad (6)$$

onde b corresponde a precisão nominal angular de acordo com as diversas classes de poligonal. Se o erro cometido for igual ou menor à tolerância angular, faz-se a distribuição desse erro entre as medidas angulares, podendo-se utilizar a Equação 7 para calcular o valor das correções a serem aplicadas em cada ângulo medido.

$$C_a = - \left(\frac{\epsilon_a}{n} \right) \quad (7)$$

1.4.2 CALCULAR OS AZIMUTES DE TODOS OS ALINHAMENTOS

Para o cálculo dos azimutes, a expressão geral é dada pela Equação 8.

$$AZ_{n \rightarrow n+1} = (AZ_{n-1 \rightarrow n} + \alpha) \pm 180^\circ \text{ (ou } -540^\circ), \quad (8)$$

sendo: α , o ângulo horizontal medido; $+180^\circ$, se a soma entre parênteses for inferior a 180° ; -180° , se a soma entre parênteses for superior a 180° e inferior a 540° ; -540° , se a soma entre parênteses for maior que 540° .

1.4.3 CALCULAR COORDENADAS RELATIVAS (NÃO CORRIGIDAS)

O cálculo das coordenadas relativas faz a relação entre os ângulos corrigidos e a distância dos alinhamentos que foram medidos em campo (TULER; SARAIVA, 2014). As coordenadas relativas de um alinhamento $1 \rightarrow 2$ são dadas pelas projeções (x e Δ) dos alinhamentos nos eixos $E(x)$ e $N(y)$ de coordenadas (CARVALHO et al., 2011). Utiliza-se o princípio da trigonometria clássica, através das relações expressas nas equações 9 e 10:

$$x_{1 \rightarrow 2} = d_{1 \rightarrow 2} \times \sin Az_{1 \rightarrow 2} \quad (9)$$

$$y_{1 \rightarrow 2} = d_{1 \rightarrow 2} \times \cos Az_{1 \rightarrow 2} \quad (10)$$



Os sinais são considerados, pois indicarão em qual quadrante estará o ponto.

1.4.4 CALCULAR O ERRO DE FECHAMENTO LINEAR E DE SUA DISTRIBUIÇÃO

O erro linear ou planimétrico é aquele decorrente de imprecisões na medida das distâncias, já que os ângulos já sofreram os devidos ajustes (BARBALHO; SALOMÃO GRAÇA; ANTOUN NETTO, 2018). O seu cálculo consiste em duas partes, sendo a primeira a determinação do erro linear em si, onde emprega-se as seguintes expressões (equações 11 a 13):

$$E_l = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (11)$$

$$e_x = |\sum x_+| - |\sum x_-| \quad (12)$$

$$e_y = |\sum y_+| - |\sum y_-| \quad (13)$$

onde, E_l é o erro de fechamento linear; $\sum x_+$ e $\sum x_-$ são os somatórios dos valores das abscissas (positivas e negativas, respectivamente); e e_x é o erro de fechamento nas abscissas; $\sum y_+$ e $\sum y_-$ são os somatórios dos valores das ordenadas (positivas e negativas, respectivamente); e e_y é o erro de fechamento nas ordenadas.

A segunda parte mencionada corresponde a análise segundo a tolerância linear. Deve-se analisar o erro, verificando se ele é admissível através da tolerância linear (T). Essa tolerância pode ser entendida como o erro linear máximo admissível para uma determinada classe de poligonal, conforme a Equação 14.

$$T = d \times \sqrt{L}(\text{km}) \quad (14)$$

onde d é a precisão linear em metros por quilômetro, definido pelas diferentes classes da poligonal como propõe a NBR 13133 (ABNT, 2021).

1.4.5 CALCULAR AS COORDENADAS RELATIVAS (CORRIGIDAS)

As correções efetuadas para esse cálculo são proporcionais às distâncias entre os pontos da poligonal. Assim, quanto maior a distância, maior será a correção aplicada (CARVALHO et al., 2011). Será aplicada uma correção para cada abscissa e cada ordenada, da forma como é possível observar nas equações 15 e 16.

$$C_{x_n} = -e_x \times \frac{d_{n-1 \rightarrow n}}{L} \quad (15)$$



$$C_{y_n} = -e_y \times \frac{d_{n-1 \rightarrow n}}{L} \quad (16)$$

onde C_{x_n} é a correção para a coordenada relativa x_n ; C_{y_n} é a correção para a coordenada relativa y_n ; L é o perímetro da poligonal, em metros; e $d_{n-1 \rightarrow n}$ é a distância entre o ponto e seu antecessor. Na expressão, sinal da correção é o oposto ao sinal do erro cometido.

Para efetuar o cálculo das coordenadas relativas corrigidas, utiliza-se as equações 17 e 18.

$$x_{n_{Corrigida}} = x_n + C_{x_n} \quad (17)$$

$$y_{n_{Corrigida}} = y_n + C_{y_n} \quad (18)$$

1.4.6 CALCULAR AS COORDENADAS ABSOLUTAS

Finalizando o cálculo da poligonal, deve-se gerar as coordenadas finais ou absolutas. Essas coordenadas servirão de base para a realização de futuros levantamentos e representações geradas com base nessa rede de apoio. As equações 19 e 20 permitem o cálculo dessas coordenadas absolutas.

$$X_{n+1} = X_n + x_{n+1} \quad (19)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + y_{n+1} \quad (20)$$

onde x_{n+1} e y_{n+1} são as coordenadas relativas já corrigidas.

2 Geração dos Resultados e Discussões

Todos os resultados obtidos foram calculados e corrigidos de acordo com a NBR 13133 (ABNT, 2021). Os dados de campo foram descarregados na versão educacional do *software DataGeosis*, que cria uma caderneta eletrônica de campo exibindo as medições realizadas (ângulos e distâncias) na mesma sequência da caderneta eletrônica da estação total. A partir de então foram feitos os cálculos da poligonal. Conforme a NBR 13133, criou-se um Plano Topográfico Local como superfície de referência, com a origem no vértice VT2, do qual atribuíram-se as coordenadas $X=150.000\text{m}$ e $Y=250.000\text{m}$. Todos os cálculos de fechamento, ajustamentos e coordenadas foram executados neste referencial, sendo as coordenadas em valores de azimute, convertidas para o sistema da Projeção



Universal Transversa de Mercator (UTM), Fuso 23, Hemisfério Sul e Meridiano Central 45° W Gr.

Os cálculos realizados com auxílio do *software DataGeosis*, empregaram às fórmulas apresentadas na metodologia. Nas tabelas 3 e 4 são apresentados, respectivamente, os resultados obtidos após os ajustamentos da poligonal principal. Foram estimados na Tabela 3 os valores do: erro angular considerando a tolerância, os valores em metros do erro linear, erro na coordenada N e na coordenada E; o erro altimétrico considerando a tolerância; a precisão linear relativa, frente a tolerância mínima; o perímetro percorrido pelo caminhamento. Os valores absolutos obtidos para posições x, y, z de cada vértice da poligonal fechada são apresentados na Tabela 4.

Componentes	Resultados
Erro Angular	-36" Tolerância (Classe PP): $\pm 52''$
Erro Linear	0,052 m
Erro em N	-0,020m
Erro em E	-0,048m
Erro Altimétrico	-0,002m Tolerância (Classe IIN): $\pm 0,16m$
Precisão Linear Relativa	-36" Tolerância (Classe PP): $\pm 52''$
Perímetro Percorrido	710,676m

Tabela 3 – Resultados dos ajustamentos da poligonal principal segundo a NBR 13133

Vértice	Direção	N (m)	E (m)	H (m)
VT2	VT2-P1	7465325,580	680820,989	13,406
P1	P1-P2	7465275,062	680921,422	12,615
P2	P2-P3	7465242,346	680980,673	9,446
P3	P3-P4	7465218,089	681035,651	10,277
P4	P4-P5	7465110,697	680980,233	11,142
P5	P5-P6	7465141,289	680950,023	10,881
P6	P6-P7	7465232,186	680772,000	13,009
P7	P7-VT2	7465289,736	680793,159	36,600

Tabela 4 – Dados da poligonal principal ajustada

De forma semelhante a poligonal fechada, os valores das mesmas componentes foram obtidos para a poligonal enquadrada, como mostra a Tabela 5. Na Tabela 6, são apresentados os valores das coordenadas tridimensionais de cada vértice dessa poligonal secundária.



Componentes	Resultados
Erro Angular	-15" Tolerância (Classe PP): $\pm 43''$
Erro Linear	0,021m
Erro em N	-0,008m
Erro em E	-0,019 m
Erro Altimétrico	-0,026m Tolerância (Classe IIN): $\pm 0,10$ m
Precisão Linear Relativa	1:14.114 Tolerância mínima – 1:12.000
Perímetro Percorrido	282,257m

Tabela 5 – Resultados dos ajustamentos da poligonal secundária segundo a NBR 13133

Vértice	Direção	N (m)	E (m)	H (m)
P1	P1-P8	7465311,771	680975,951	13,380
P8	P8-P9	7465315,808	681008,247	10,683
P9	P9-P10	7465275,742	681056,357	9,518
P10	P10-P3	7465218,089	681035,651	9,446
P3	P5-P6	7465242,346	680980,673	12,615

Tabela 6 – Dados da poligonal secundária ajustada

Na Tabela 7 serão apresentados, o produto de classificação após todo o ajustamento realizado, o enquadramento planimétrico e altimétrico das poligonais principal e secundária, segundo a NBR13133 (ABNT, 2021). Embora as duas poligonais tenham precisões equivalente à classe PP (poligonais principais), como alguns alinhamentos não atendem ao lado mínimo recomendado (100 metros), ambas foram classificadas como PS (poligonais secundárias). O nivelamento trigonométrico classificado como II N em ambas, cumpre com as finalidades altimetria para poligonal secundária, possibilitando novas densificações de pontos altimétricos e locações de obras de engenharia a partir dessa rede.

Poligonal	Classe Planimetria	Classe Altimetria
Principal	PS	II N
Secundária	PS	II N

Tabela 7 – Enquadramento planimétrico e altimétrico segundo a NBR 13133

Um dos produtos planejados ao longo do trabalho, foi a disponibilização destes resultados em uma plataforma de mapeamento livre, intuitiva e gratuita. De forma que os dados da rede planialtimétrica ficassem acessíveis de maneira rápida e fácil por



alunos, docentes e profissionais de topografia durante seus trabalhos de campo na região. Dessa maneira, a plataforma escolhida foi a *api Google My Maps*, uma ferramenta de aprendizagem educativa da *Google*, que possibilita a inserção de dados colaborativos, e explora recursos do *Google Maps* e do *Google Earth* (SHOLIAH; WIDODO, 2018). Nela os dados fornecidos por esse experimento ficam disponíveis de forma rápida e gratuita, tanto em computadores pessoais quanto em dispositivos móveis (Figura 9).

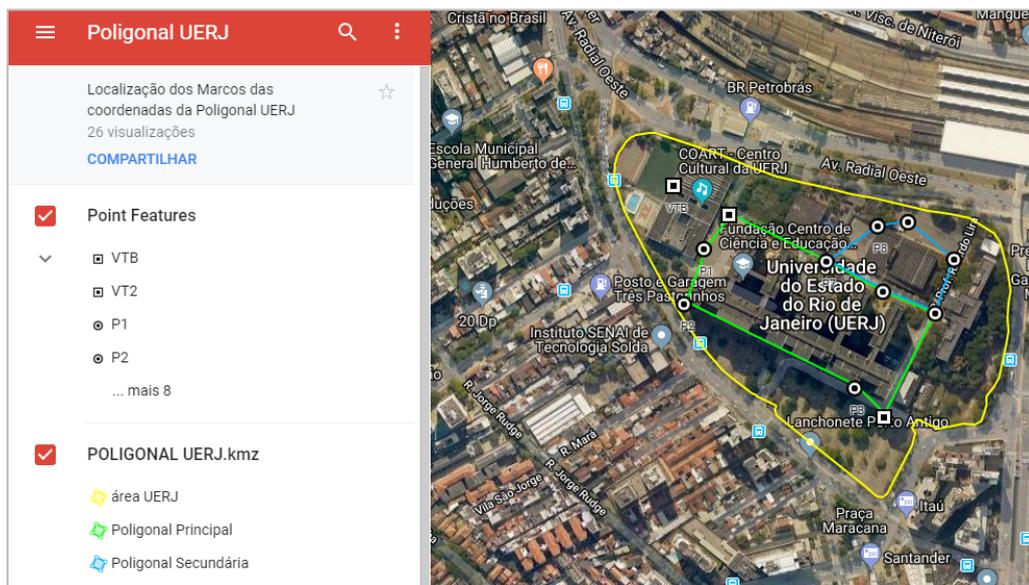


Figura 9 – Mapa web rede de apoio gerado no serviço *Google My Maps*

Fonte: Os autores (2023).

Considerações Finais

A proposta do artigo buscou aplicar uma metodologia normatizada para auxiliar trabalhos com fins didáticos e aplicados no campo da engenharia, que careçam de um apoio topográfico planialtimétrico. A materialização dos marcos topográficos foi realizada com sucesso, de modo que não houve qualquer dano aparente aos mesmos até o presente momento, reaproveitando produtos de levantamentos anteriores, e os documentando devidamente como sugere a nova versão da NBR 13133 (ABNT, 2021). Os levantamentos topográficos aqui propostos foram bem-sucedidos no que diz respeito às capturas dos dados necessários para a conclusão dos objetivos propostos.

Como todos os cálculos e parâmetros seguiram os procedimentos da NBR 13133/2021 pode-se depreender que: há duas classes de poligonais planimétricas, considerando-se, as finalidades do levantamento topográfico e a acurácia necessária a cada finalidade; a classe de poligonização planimétrica obtida foi a PP (Poligonal Principal), que corrobora com o objetivo do trabalho; e quanto a altimetria, no que se



refere às três classes de nivelamento de linhas ou circuitos e seções apresentadas na norma empregada, a classe de nivelamento obtida foi a II N, que utiliza o método de Nivelamento Trigonométrico para a determinação de altitudes (ou cotas) em poligonal principal.

No contexto do ensino técnico e de graduação, essa poligonal poderá ser usada como apoio a outros levantamentos com fins didáticos, base para futuros trabalhos de conclusão de curso, artigos etc. Principalmente, o apoio às aulas de Topografia para engenharias Cartográfica e Agrimensura, Civil, Ambiental, bem como a outros cursos careçam de atividades práticas nas imediações do Maracanã, que foi um grande motivador desse trabalho. Espera-se que os alunos e professores façam uso deste trabalho, e densifiquem a rede obtida através de novas poligonais, implementando mais pontos por visadas ou mesmo aplicando a integração com técnicas de rastreamento, e criticando assim os resultados gerados.

No contexto das ciências geodésicas, o trabalho não está isento de limitações metodológicas e instrumentais. Alguns resultados podem ser melhorados, como por exemplo, na obtenção de um maior rigor nos levantamentos altimétricos. Usando para tanto, propagações de valores altimétricos a partir da rede geodésica do SGB, com métodos de levantamento mais precisos como nivelamento geométrico, ou nivelamento trigonométrico por *Leap-Frog*. O emprego de equipamentos como estações totais com maior precisão angular (1" ou 2", por exemplo), com sistemas de servomotores ou robotizados para a leitura dos pares conjugados, juntamente com a adoção de níveis digitais que registrem valores nos décimos de milímetro, traz perspectivas de que essas precisões instrumentais possam auxiliar na obtenção de uma maior acurácia ao final dos levantamentos.

Como sugestões de trabalhos a serem executados a partir da execução desta rede de apoio são o levantamento cadastral da área da UERJ, a implantação de novas poligonais apoiadas, a execução de voos com aeronaves remotamente que pilotadas que façam uso dos pontos de controle da rede, trabalhos de locação apoiados nessa rede, comparações com outros métodos de levantamentos e ajustamentos, dentre outros. A Topografia possui uma infinidade de aplicações, e a vivência com a realidade torna o conhecimento mais fácil e melhor para o aprendizado. E tornar essa experiência o mais próximo da realidade é o sonho de cada aluno, professor e profissional atuante nesse campo.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 13133*: Execução do levantamento topográfico – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 17058*: Locação topográfica e controle dimensional de edificação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022a.



ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 17082*: Locação topográfica de obras de terraplanagem – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022b.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). *NBR 14166*: Rede de referência cadastral municipal – Requisitos e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022c.

AMINI, H.; MEHRDAD, S. Accuracy Assessment of Different Error Adjustment Methods in Closed Traverse Networks: Studying the Impact of Different Observation Error Setups in Different Geometrical Configurations. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, v. 43, p. 519-525, 2020. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-519-2020.

BANDEIRA, A. L.; KLEIN, I.; VEIGA, L. A. K. O Papel das Covariâncias na Análise de Deformação Aplicada ao Monitoramento Geodésico de Estruturas. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 3, pp. 722-735, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n3-57873.

BARBALHO, L. V.; SALOMÃO GRAÇA, A. J.; ANTOUN NETTO, S. O. Levantamentos terrestres aplicados ao parcelamento do solo urbano: um estudo de caso em Bangu, Rio de Janeiro–RJ. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 6, n. 3, p. 241-271, 2018. DOI: 10.3895/rbgeo.v6n3.5760.

BORGES, A. C. *Topografia: Aplicada a engenharia civil – volume 1*. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1977.

BRITO FILHO, A.; ROCHA, C. H. O.; SAMPAIO, L. O. R.; MOTTA, R. C. O.; PINHEIRO, W. A. Contribuições das engenharias cartográfica e de agrimensura em uma empresa de geração e transmissão de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., 2017, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBC, 2017. p. 254–261.

CARVALHO, A. S., RODRIGUES, D. D., COSTA, M. F., & DE ARAUJO NETO, J. O. Utilização da Regra de Compass ou Método de Bowditch e do MMQ no Ajuste de Poligonal Topográfica. *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1., p. 41-51, 2011. DOI: 10.18406/2316-1817v3n12011300

CARVALHO, R. de B.; DE MELO, P. L. da S.; BAHIA, J. G.; BARBOSA, L. G. Análise da qualidade geométrica interna de uma poligonal enquadrada utilizando o modelo de ajustamento paramétrico injuncionado e o ajustamento livre. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 70, n. 2, p. 629–664, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n2-45401.

CEYLAN, A.; BAYKAL, O. Precise height determination using leap-frog trigonometric leveling. *Journal of Surveying Engineering*, v. 132, n. 3, p. 118-123, 2006. DOI:



COELHO, L. A. N.; CHAVES, J. C. Precisão na determinação das coordenadas dos vértices de imóveis urbanos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 2, p. 287-305, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n2-44662.

DA SILVA, D. C.; FREDERICO, L. N. S.; COSTA, G. C. Cálculo aproximado de fator de escala UTM para uso direto em estações totais. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 4, n. 1, pp. 59-67, 2016. DOI: 10.3895/rbgeo.v4n1.5478.

FERREIRA, N. R. A.; CHAVES, J. C. Análise da acurácia de observações com uma estação total robótica em ensaio controlado de deslocamento. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 7, p. 1277-1286, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n7-43988.

FORTUNATO, B. Q.; ANTOUN NETTO, S. O.; BARBALHO, L. V. Levantamento topográfico do campus UERJ Maracanã para regularização patrimonial. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 7, n. 2, p. 115-129, 2019. DOI: 10.3895/rbgeo.v7n2.8827.

FRANÇA, L. L. S.; SEIXAS, A. de; GAMA, L. F.; MORAES, J. N. de. Optimized Determination of 3D Coordinates in the Survey of Inaccessible Points of Buildings- Example of Application Implemented in Free Software. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 27, n. 2, p. 1-20, 2021. DOI: 10.1590/1982-2170-2020-0057.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. *Elementary Surveying*. 14 ed. Boston: Pearson, 2015.

GOPI, S.; SATHIKUMAR, R.; MADHU, N. *Advanced Surveying: Total Station, GPS, GIS and Remote Sensing*. 2 ed. Uttar Pradesh: Pearson India Education, 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KAVANAGH, B. F.; MASTIN, T. B. *Surveying: Principles and Applications*. 9 ed. Boston: Pearson, 2014.

MARTINS, V.; NEDEL, É. C.; BARATTO, P. F. B.; BACURI, A. P. D. S. C.; OLIVEIRA, M. J. Comparação entre Coordenadas Topográficas obtidas a partir de Modelos Distintos de Estações Totais. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 9, n. 2, 2017.

McCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. J. *Surveying*. 6 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

MEDINA, A. S.; DE FREITAS, S. R. C. Eliminação de erros grosseiros na aplicação de procedimentos estabelecidos pela norma NBR 13133. In: CONGRESSO BRASILEIRO



DE CARTOGRAFIA, 19., 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBC, 1999. p. 254-261.

MIRANDA, F. das D. A.; VEIGA, L. A. K. Sistema Semi-Automatizado para Monitoramento Topográfico. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 4, n. 1, p. 15-21, 2016. DOI: 10.3895/rbgeo.v4n1.5466.

MIȚĂ, R.; SIMON, M.; COPĂCEAN, L.; ȘMULEAC, A.; HERBEI, M. V.; POPESCU, G. Using geographical information systems in order to achieve the urban cadastre in the subcetate neighborhood of arad with the help of modern technologies. *Research Journal of Agricultural Science*, v. 52, n. 4, 2020.

MORAES, J. N. de; SEIXAS, A. de; GARNÉS, S. J. dos A.; GAMA, L. F.; FRANÇA, L. L. S. de. Definition of Reference Vertices using the Terrestrial Methods of Planialtimetric Measurement with Total Station (MTMs) and GNSS Positioning. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, p. e07111233573, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.33573.

NUNES, V. K.; DE OLIVEIRA, M. J.; DA SILVEIRA, L. N. Implantação de uma rede de aferição de equipamentos geodésicos e topográficos. *Revista Liberato*, v. 22, n. 38, p. 201-214, 2021. DOI: 10.31514/rliberato. v. 22, n. 38, p. 201.

PENNA, L.; RIBEIRO, F.; ROCHA, C.; FILHO, A. A utilização de reservatórios no amortecimento de vazões de cheia: apresentação e discussão de casos do sudeste brasileiro. *GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, v. 16, p. 275-295, 2019.

PORTUGAL, C. F. *Levantamento topográfico cadastral para apoio aos estudos das sombras incidentes sobre o complexo esportivo da UERJ Maracanã*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Cartográfica) – Câmpus Maracanã, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RODRÍGUEZ, F. A. C.; VEIGA, L. A. K. Desenvolvimento de Interface para Automação da Coleta de Temperatura Baseada em Redes Multiestação Aplicada ao Monitoramento de Estruturas Empregando-se Estações Totais. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 71, n. 3, p. 781-805, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n3-48782.

SAMPAIO, L. F.; DALAZOANA, R.; VEIGA, L. A. K. Seleção de pontos-objeto visando o monitoramento de estruturas a partir da propagação de erros por simulação. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 71, n. 2, p. 570-597, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n2-47891.

SANTOS, C. M. R. dos; SEIXAS, A. de; GARNÉS, S. J. dos A.; PÓVOAS, Y. V. A Medição e Análise de Prumagem e Planeza na Construção de Fachadas e Pisos/Lajes



de Edifícios. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 2, p. 340–358, 2021. DOI: 10.14393/rbcv73n2-55099.

SCHOFIELD, W.; BREACH, M. *Engineering Surveying*. 6 ed. Amsterdam: Elsevier, 2007.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. *Topografia para Engenharia: Teoria e prática de Geomática*. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015.

SILVA, J. S.; FAGGION, P. L.; MEDINA, A. S. Implantação de uma Base de Classificação da Componente Angular de Estações Totais e Teodolitos em Laboratório com Uso de Colimadores. RBC. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 74, n. 1, p. 34-49, 2022. DOI: 10.14393/rbcv74n1-61571.

SILVA, G. P. da; DE SEIXAS, A.; GARNÉS, S. J. dos A.; ROMÃO, V. M. C. Definição do Sistema de Referência para a Locação de Edificações Prediais - Área Experimental: Bairro da Madalena, Recife - PE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 2, pp. 445-463, 2015. DOI: 10.14393/rbcv67n2-44672.

SHOLIHAN, A. B.; WIDODO, J. Blended Learning in Heritage Conservation Course: Cultural Mapping and Google My-Maps Platform. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, v. 45, n. 2, p. 181-188, 2018. DOI: 10.9744/dimensi.45.2.181-188

TULER, M.; SARAIVA, S. *Fundamentos de Topografia*. Porto Alegre: Bookman, 2014.

UREN, J.; PRICE, B. *Surveying for engineers*. 5 ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2010.

VAZ, J. A.; CINTRA, J. P.; ALMEIDA FILHO, F. G. V. de. A Evolução do Ensino de Topografia e Áreas Afins na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. Especial 50 anos, p. 1051–1068, 2020. DOI: 10.14393/rbcv72nespecial50anos-56477.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. *Fundamentos de topografia*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.