

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRAFIA

CAIQUE EDUARDO DE JESUS NASCIMENTO SIMIONATO

**MÉTODO DE ESTAÇÃO LIVRE COM CONTROLE DE FALSOS FIXOS DO
POSICIONAMENTO GNSS-RTK: UMA APLICAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO URBANO**

Monte Carmelo - MG

2024

CAIQUE EDUARDO DE JESUS NASCIMENTO SIMIONATO

**MÉTODO DE ESTAÇÃO LIVRE COM CONTROLE DE FALSOS FIXOS DO
POSICIONAMENTO GNSS-RTK: UMA APLICAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso ao curso de graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartografia

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Francisco Rofatto

Coorientador: Profa. Dra. Letícia Cristina Ribeiro

Monte Carmelo - MG

2024

CAIQUE EDUARDO DE JESUS NASCIMENTO SIMIONATO

**MÉTODO DE ESTAÇÃO LIVRE COM CONTROLE DE FALSOS FIXOS DO
POSICIONAMENTO GNSS-RTK: UMA APLICAÇÃO NO
GEORREFERENCIAMENTO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade de Engenharia de Agrimensura e Cartografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartografia

Monte Carmelo - MG, 12 de novembro de 2024

Banca Examinadora:

Pro. Dr. Vinicius Francisco Rofatto – Orientador (UFU0)

Profa. Dra. Leticia Cristina Ribeiro – Coorientadora (UFU)

Me. Jhonatta Willyan Miato Assunção – Membro Convidado (UFU)

A minha mãe, Sandra, que me ensinou a fazer a conta.
A meu pai, José, que me ensinou a fazer conta de cabeça.
A minha namorada, Maria Jullia, que é com quem eu conto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Deus por me guiar nesta jornada da minha vida.

Agradeço aos meus professores, principalmente ao Dr. Vinícius Francisco Rofatto por me orientar, ajudar e guiar, ofereceu as condições necessárias para a realização deste trabalho. Sem seu apoio não teria sido possível o esboço sair do papel. Agradeço a sua compreensão e paciência. Agradeço a Professora e coorientadora Dra. Leticia Cristina Ribeiro pelo apoio, as ideias e ajuda necessária para construção desta trajetória.

Agradeço aos demais professores do curso pelos ensinamentos e boas conversas, em 2018 quando entrei para a graduação de engenharia de agrimensura e cartografia era considerado um estrangeiro, não sabia de nada envolvendo o curso, nada que se relaciona-se, nada que se cativa à primeira vista, e graça aos professores, técnicos e funcionários, eu consegui ver a magia por trás da Agrimensura e Cartografia. Agradeço aos técnicos e servidores que hoje posso chamar de amigos.

Agradeço ao Grupo de pesquisa em controle de qualidade de dados geodésicos, onde tive a oportunidade, no ano de 2020, em fazer parte, agradeço a ajuda, vivência e colaboração dos membros.

Agradeço aos docentes do IFSC (Instituto Federal de Santa Catarina) pela ajuda técnica e pelo apoio em campo, agradeço principalmente ao Prof. Dr. Ivandro Klein pela colaboração e ajuda nas questões técnicas.

Agradeço imensamente aos meus amigos de curso, que consegui fazer boas relações durante minha graduação, agradeço especialmente ao José Roberto (Paraná) pelas boas conversas, pela ajuda, pelo suporte, pela boa companhia. Agradeço aos meninos que tanto me ajudaram sendo eles: Pedro Bernardo (Pão de Queijo), Kayky Monteiro, Luís (Toddy), Hesley (Piauí), Luís Fernandes e o Samir Rezende, obrigado pela ajuda, companhia, compartilhamento das ideias, boas conversas e agradeço a nossa amizade.

Agradeço aos meus Pais pelo apoio, amor e carinho que tanto me dedicaram durante toda minha vida. Agradeço a paciência durante esses anos de graduação.

Agradeço a minha namorada Maria Jullia, que mesmo me conhecendo no final da graduação foi uma peça fundamental, foi ela que não me fez desistir mesmo estando na reta final, dedico a ela todo esse trabalho, pois foi graças a ela que eu me esforcei e dediquei a esse trabalho. A ti agradeço por tudo, principalmente pelo nosso amor.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Martin Luther King

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um método de Estação Livre apoiada em pontos de coordenadas determinadas pela técnica RTK (*Real Time Kinematic*). O método proposto permite controlar os falsos fixos por meio dos resíduos da transformação entre os sistemas de coordenadas envolvidos. Embora não esteja previsto na NBR 17.047, é considerado um método rigoroso, uma vez que as medições podem ser controladas, e produtivo em termos de controle de qualidade e obtenção das coordenadas desejadas em tempo real. O método foi aplicado em um imóvel urbano, localizado na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais. O local de estudo é caracterizado como uma região de cânion urbano onde não existe uma rede geodésica local disponível. Os resultados mostram que as incertezas dos pontos limítrofes do imóvel ficaram em média 7 mm, para $\sim 0,68$ de probabilidade. Para fins de verificação, a coordenada da Estação foi determinada por meio do posicionamento relativo estático. A diferença entre as coordenadas estimadas entre o Posicionamento Relativo Estático (PRE) e o método proposto foi de ~ 9 mm. Essas diferenças estão dentro da tolerância prevista de 8 cm para o georreferenciamento urbano. Verificou-se também a diferença em termos de distância da fachada do imóvel. O comprimento da fachada do imóvel foi obtido por meio de medição com trena, por meio do cálculo das coordenadas do método proposto e RTK. Como resultado, a diferença em termos de distância entre o método proposto e a medição via trena foi de 4 mm, entre o método proposto e o RTK de 8 mm, e a trena versus RTK de 1,2 cm. Essas diferenças estão dentro da tolerância prevista na norma NBR 17.047 ($6 \text{ mm } \sqrt{L}$, onde L é o comprimento determinado via trena). Portanto, o método proposto mostrou-se adequado para os casos em que é necessário fazer o georreferenciamento urbano em situações de cânions urbano e/ou em locais onde não exista redes geodésicas disponíveis.

Palavras-chave: Georreferenciamento; NBR 17.047; Estação Livre; Levantamento cadastral; Normas de georreferenciamento.

ABSTRACT

The objective of this study is to present a Free Station method supported by coordinate points determined using the RTK (Real Time Kinematic) technique. The proposed method allows the control of false fixes through the residuals of the transformation between the coordinate systems involved. Although it is not included in NBR 17.047, it is considered a rigorous method, as the measurements can be controlled, and it is productive in terms of quality control and obtaining the desired coordinates in real time. The method was applied to an urban property located in the city of Monte Carmelo, Minas Gerais. The study area is characterized as an urban canyon region where no local geodetic network is available.

The results show that the uncertainties of the property boundary points averaged 7 mm, with a ~ 0.68 probability. For verification purposes, the Station coordinate was determined using static relative positioning. The difference between the coordinates estimated by Static Relative Positioning (SRP) and the proposed method was ~ 9 mm. These differences are within the tolerance of 8 cm specified for urban georeferencing. Additionally, the difference in terms of the building façade length was analyzed. The façade length was measured using a tape measure, as well as calculated using the proposed method and RTK. The results show a difference of 4 mm between the proposed method and the tape measure, 8 mm between the proposed method and RTK, and 1.2 cm between the tape measure and RTK. These differences are within the tolerance specified by NBR 17.047 ($6 \text{ mm } \sqrt{L}$, where L is the length determined using the tape measure).

Therefore, the proposed method proved suitable for cases requiring urban georeferencing in urban canyon situations and/or locations where no geodetic networks are available.

Keywords: Free Station, Property Boundaries, Land Surveying

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	11
2.1. MÉTODO PROPOSTO.....	11
2.2. ÁREA DE ESTUDO.....	15
2.3. MÚLTIPLAS ESTAÇÕES LIVRES	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31
ANEXO A – CONVERGÊNCIA MERIDIANA UTM (FATOR K)	34
APÊNDICE A – AJUSTAMENTO DA TRASFORMADA DE HELMERT	35
APÊNDICE B – PLANTA TOPOGRÁFICA	38
APÊNDICE C – MEMORIAL DESCRITIVO.....	39

1. INTRODUÇÃO

O levantamento cadastral de imóveis urbanos representa um desafio significativo na engenharia devido à presença de medições incorretas, cadastros desatualizados e informações inconsistentes (Vieira et al., 2023). Isso impacta negativamente a arrecadação de impostos, como o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), uma vez que esse imposto é calculado com base na área construída e é crucial para melhorias no zoneamento urbano (Da Costa, 2015).

Para lidar com esses desafios, a Norma de Levantamento Cadastral Territorial para Registro Público (NBR 17.047/2022) foi atualizada. Essa atualização propôs tipos de materialização de vértices, métodos de levantamento cadastral, pontos de apoio, precisão, tolerância e controle de qualidade dos vértices. No entanto, poucos estudos têm explorado a aplicação prática dessa norma no cotidiano.

Este trabalho tem como objetivo aplicar a NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022) na prática, bem como propor uma nova abordagem prática não prevista na Norma, trazendo praticidade (custo em campo) e qualidade (precisão posicional), assim, auxiliando profissionais da área no processo de levantamento cadastral.

Alguns estudos anteriores abordaram essa questão. Gama (2008), por exemplo, utilizou métodos de posicionamento com GPS Estático, GPS RTK e medições angulares com a Estação Total para o cadastro urbano de lotes simulados. O autor obteve resultado para o levantamento com GPS na casa do milímetro e inferior a 7 centímetros para a Estação Total. Contudo, Gama (2008) esquivou-se dos cânions urbanos ao simular os lotes em locais aberto sem a presença da urbanização. Cânions urbanos são definidos como configurações geométricas de vias que se localizam entre edificações que se elevam em ambos os lados, assemelhando-se a um cânion natural (Nicholson, 1975; Ali-Toudert; Mayer, 2006; Strømman-Andersen; Sattrup, 2011, apud Muniz-Gäal et al., 2018).

Outros trabalhos, como o de Klein (2018a), exploraram as incertezas posicionais dos vértices da parcela. Klein (2018a) constatou que a propagação dos erros ao transportar coordenadas por meio de uma poligonação até os vértices do imóvel excedia os limites estabelecidos pela NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022). Klein (2018b) apresentou uma proposta de baixo custo e grande abrangência para profissionais que executam levantamentos cadastrais, baseando-se na utilização de uma Estação Livre com o uso da Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM). Essa proposta mostrou resultados satisfatórios em termos de precisão milimétrica e exatidão posicional centimétrica. Porém, nem todos os municípios brasileiros possuem uma RRCM.

Mekik e Arslanoglu (2009) realizaram experimentos para comparar o método RTK (*Real Time Kinematic*), o posicionamento relativo estático (PRE) e a poligonação. O experimento foi conduzido na cidade de Bursa, Turquia. Na comparação entre RTK e PRE, os resultados mostraram diferenças mínimas e máximas de 30 milímetros a 7 centímetros no eixo X e de 10 milímetros a 5 centímetros no eixo Y. Na comparação entre RTK e poligonação, as diferenças mínimas e máximas no eixo X foram de 20 milímetros a 6 centímetros e de 10 milímetros a 5 centímetros no eixo Y. No estudo em questão fica evidente que essa diferença não é aceitável de acordo com a NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022), uma vez que, diferenças mínimas entre as coordenadas influenciam diretamente a tolerância e o controle de qualidade, de acordo com a norma..

Uma forma mais simples e produtiva seria medir as divisas por meio do posicionamento RTK e adotar as incertezas das coordenadas advindas do processamento em tempo real. Entretanto, podem ocorrer falsos fixos, e embora as incertezas possam estar dentro da tolerância, a estimativa pode estar completamente equivocada. De uma forma mais rigorosa, um profissional poderia implantar uma rede onde existem condições de rastreamento e depois densificar até o local do levantamento por estação total via poligonação. Entretanto, trata-se de um método oneroso, com baixa produtividade.

Neste sentido, aqui propomos um método rigoroso e produtivo de Estação Livre com pontos de apoio (controle) determinados a partir do método RTK. Neste método, os falsos fixos são controlados por meio dos resíduos calculados na transformação entre o referencial arbitrário definido pelo operador na Estação Total e o referencial geodésico definido pelas coordenadas estimadas via RTK (geralmente, dadas no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM)). O método foi avaliado à luz da NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022) em um imóvel urbano localizado na cidade de Monte Carmelo, MG.

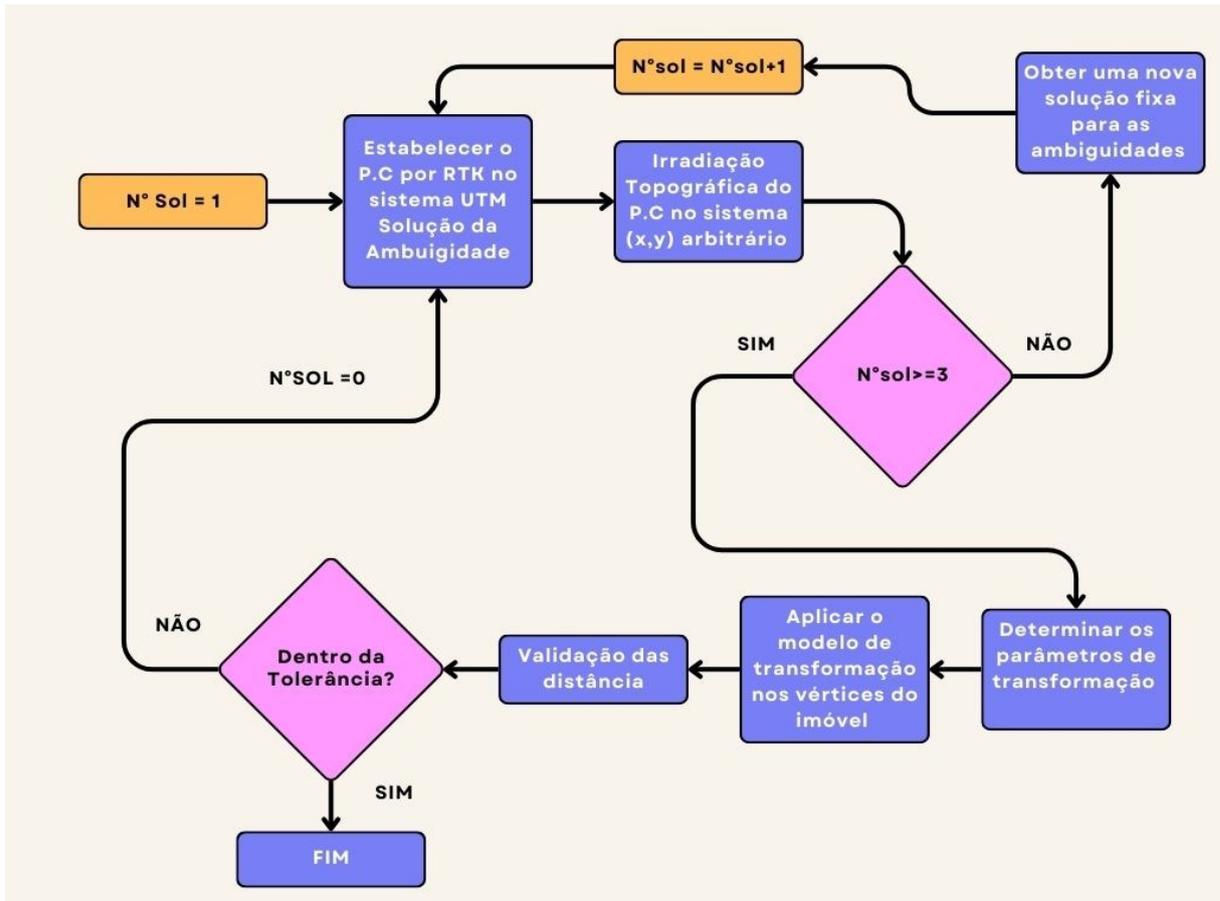
O trabalho está organizado da seguinte sequência. Na Seção 2, descrevemos o local de estudo em detalhes. Na Seção 3, apresentamos o método proposto e o delineamento do estudo. Na Seção 4, encontra-se a avaliação do método proposto e discussões. Por fim, as contribuições são destacadas na última seção (Seção 5).

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Método proposto

Neste estudo, foi proposta uma nova abordagem não prevista na NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022). O método elaborado é tanto produtivo quanto rigoroso.

Figura 1 - Método da Estação Livre com o Controle de Falso Fixo



Fonte - O autor (2024)

O método consiste em utilizar a Estação Livre (E.L.) para obter os vértices do imóvel. Na metodologia o operador define o ponto estratégico de onde irá começar o levantamento topográfico pelo método de estação livre (ET1). Após a definição do ponto onde irá estacionar o equipamento, são definidos os pontos de controle (P.C.). Os pontos de controle serão obtidos tanto no sistema local topográfico (X e Y) quanto no sistema cartesiano (UTM). De acordo com Cabral (2018), utilizam-se três ou mais pontos no método de Estação Livre, assim, o método deve ter no mínimo três P.C.s.

Após o operador da Estação Total fazer a primeira medição dos ângulos e da distância do primeiro P.C. (PC1) estabelecido, o auxiliar fará a medição do PC1 pelo método RTK. Após

2.1.1. Ajustamento e controle de qualidade

As equações de transformação de Helmert para 4 parâmetros são dadas a seguir

$$E = (S \cos \theta)x - (S \sin \theta)y + T_x - v_x \quad (1)$$

$$N = (S \sin \theta)x + (S \cos \theta)y + T_y - v_y \quad (2)$$

onde:

- E e N são as coordenadas dos pontos no sistema UTM obtidas por RTK alvo
- x e y são as coordenadas dos pontos no sistema Topográfico Local (STL)
- S é o fator de escala entre os sistemas envolvidos (UTM x STL)
- θ é o ângulo de rotação entre os sistemas envolvidos (UTM x STL)
- T_x é a translação ao longo do eixo x
- T_y é a translação ao longo do eixo y
- v_x e v_y são os resíduos, que são adicionados às equações para torná-las consistentes.

Fazendo $S \cos \theta = a$, $-S \sin \theta = b$, $T_x = c$ e $T_y = d$, as equações (1) e (2) podem ser reescritas como:

$$E = a x + b y + c - v_x \quad (3)$$

$$N = -b x + a y + d - v_y \quad (4)$$

Assim, foi realizada a transformação de quatro parâmetros para as coordenadas de cada ponto de estação, dos pontos de controle e, por fim, dos vértices (Apêndice A). Para determinar os parâmetros de transformação (a, b, c e d), foi realizado um ajustamento dos pontos de controle, seguindo a equação do método paramétrico ou método Gauss-Markov (Klein, 2012):

$$X = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) \quad (5)$$

$$P = \sigma \Sigma^{-1} \quad (6)$$

$$L = L_0 - L_b \quad (7)$$

na qual A é a matriz das derivadas parciais em relação as equações (1) e (2), P a matriz peso, no qual σ é um vetor unitário e Σ é a matriz da variância e covariâncias das observações. L é o vetor da diferença do vetor das observações aproximadas L_0 , que recebe o valor zero, e o vetor das observações L_b , ou seja, as coordenadas UTM dos pontos de controle.

$$Xa = X_0 + X \quad (8)$$

no qual X_0 é o vetor dos parâmetros aproximados e Xa é o vetor dos parâmetros estimados. Os parâmetros de transformação se encontram no vetor dos parâmetros estimados.

Após isso, é necessário o cálculo do “teste global do ajustamento” (Kavouras, 1982), para aceitar ou rejeitar a hipótese nula, quando não tem nenhum problema no ajustamento, para isso, é necessário encontrar o vetor dos resíduos, que é determinado pela equação a seguir:

$$V = A X_a + L \quad (9)$$

Para aceitar a hipótese nula a variância posterior calculada deve ser menor que a variância tabelada, assim, realizou-se o cálculo da variância posterior pela seguinte equação:

$$\hat{\sigma} = \frac{(V^T P V)}{(n - u)} \quad (10)$$

no qual n é o número de observações e u representa o número dos parâmetros (Kavouras, 1982).

$$\sigma = \frac{\chi^2_{(1-\alpha, n-u)}}{(n - u)} \quad (11)$$

na qual, χ^2 é o valor de qui-quadrado tabelado, que é definido pelo nível de confiança $(1 - \alpha)$, em que α é nível de significância), e os graus de liberdade $(n - u)$ (Kavouras, 1982). Foi considerado um alfa de 5%, $\alpha = 0,05$, ou seja, um nível de confiança de 0,95

Após o teste realizou-se a comparação entre a variação a posteriori calculada (9) e a tabelada (10), com a seguinte condição:

- (1) Se $\hat{\sigma} < \sigma$; aceita-se a hipótese Nula, ou seja, não há problema no ajustamento.
- (2) Se $\hat{\sigma} > \sigma$; aceita-se a hipótese Alternativa, ou seja, há problema no ajustamento.

Assim, conforme a hipótese nula for aceita, aplicamos a equação (1) e (2) para determinar os P.C (Apêndice A).

Após aplicar os parâmetros de transformação nos P.C, se coleta os vértices do imóvel (P.V) com a estação total e aplicamos a transformação nos vértices (equação 1 e 2).

Por fim, foi calculado a precisão das coordenadas da Estação e os pontos no sistema UTM. Para isso, foi utilizado as seguintes equações:

$$\Sigma_{X_a} = \hat{\sigma} (A^T P A)^{-1} \quad (12)$$

na qual, Σ_{X_a} é a matriz de variância e covariância dos parâmetros estimados, sendo uma matriz quadrática, cujo o i -ésimo elemento da diagonal principal corresponde ao quadrado da variância de sua i -ésima correspondente, e os elementos localizados fora da diagonal principal correspondem a covariância.

$$\Sigma_{E_0 N_0} = D \Sigma_{X_a} D^T \quad (13)$$

no qual, D é a derivada parcial em relação a equação de transformação dos parâmetros (1) e (2), assim para obtermos os desvios padrões é necessário extrair a raiz quadrada dos elementos da diagonal principal.

Para o controle de qualidade, foram adotadas, conforme a NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022), as seguintes medidas:

- a) Medir os vértices das parcelas com dois métodos distintos de levantamento;
- b) Comparar as distâncias lineares medidas entre dois vértices da parcela com a distância calculada entre as coordenadas desses mesmos vértices;

O controle de qualidade relativo pode ser realizado a partir da comparação entre a medição da distância entre dois vértices obtidas a partir de uma trena graduada com a distância calculada a partir de suas coordenadas (ABNT, 2022), assim realizou-se a medição da distância entre dois vértices com a trena para fins de comparação segundo a Norma.

Segundo a NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022) tolerância para aceitação entre a diferença das distâncias deve ser calculada pela equação a seguir, sendo o seu valor máximo de 24 centímetros:

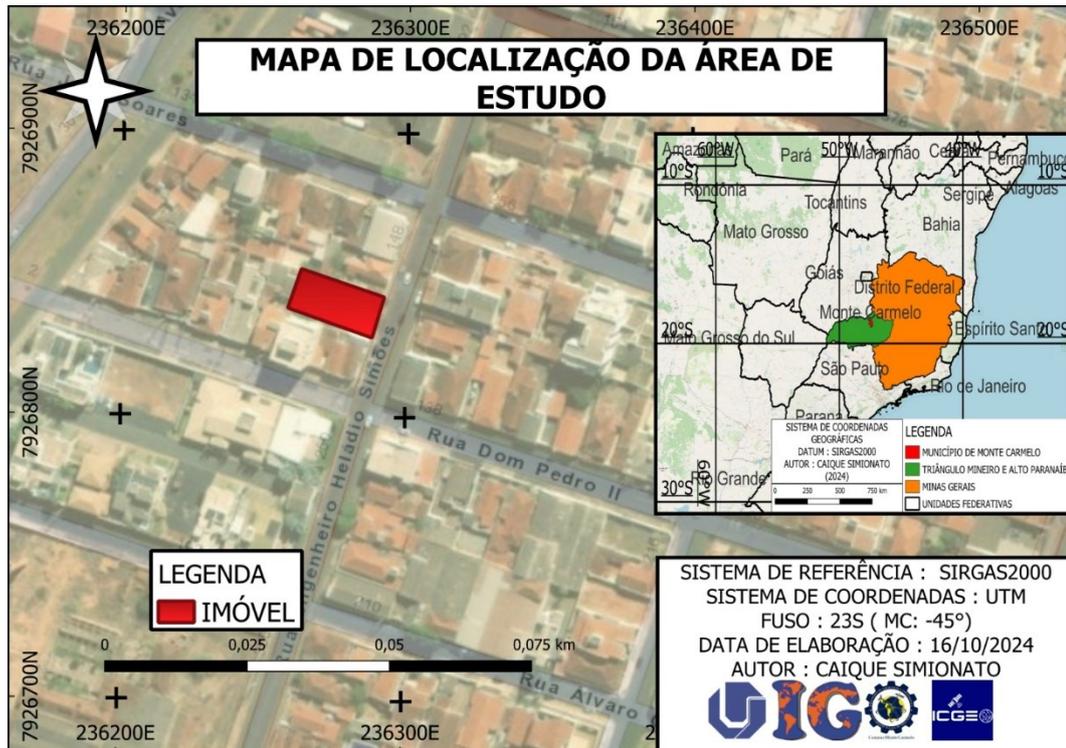
$$T = 0,006 \sqrt{L} \quad (14)$$

Em que T é a tolerância, expressa em metros (m), L é a medida do lado medido na trena, expresso em metros (m). Se a diferença das coordenadas for menor que a tolerância (T) o método é finalizado.

2.2. Área de estudo

A área de estudo se localiza no município de Monte Carmelo – MG (Figura 3), situada na região do triângulo mineiro e Alto Paranaíba. Segundo o IBGE (2023) o município possui uma área de 1.343,035 Km². Neste estudo será realizado em um imóvel localizado na Avenida Engenheiro Heladio Simões, 182, Bатуque.

Figura 3 - Mapa de localização da área do experimento



Fonte - O autor (2024)

O imóvel se caracteriza pela difícil visibilidade dos vértices, sendo um imóvel bastante amplo e bem arborizado, tendo em vista algumas partes de difícil acesso (Figuras 4, 5 e 6).

Figura 4 - Local de estudo



Fonte - O autor (2024)

Figura 5 - Local de estudo



Fonte - O autor (2024)

Figura 6 - Local de estudo



Fonte - O autor (2024)

A área do estudo encontra-se em uma região de cânion urbano, o que dificulta o sinal do GNSS e aumenta a taxa de falsas soluções fixas das ambiguidades do RTK. Além disso, uma grande dificuldade no local é o trânsito, pois se trata de uma via importante para o município, que conta com um grande fluxo de veículos.

2.3. Múltiplas estações livres

O local foi escolhido devido às dificuldades visando o experimento, o método proposto foi realizado com operações de Estação Livre (E.L). Assim, abordamos a utilização de múltiplas estações livres para a realização do cadastro urbano. A metodologia consistiu em estacionar a Estação Total (E.T.), utilizando a OTS685 R500 da FOIF, em um ponto estratégico, de onde era possível visualizar três pontos de controle (P.C.). Um receptor GNSS foi posicionado em frente ao imóvel, coletando os dados nesse ponto, utilizando o receptor GNSS Hiper V da TopCon. O outro receptor foi usado para coletar os dados pelo método RTK, uma fita refletiva foi colada no bastão do receptor (Figura 7), não foi considerado a espessura do bastão devido ser um erro sistemático presente em todos os P.C, que realizou o método RTK, coletando simultaneamente os dados dos P.C. e os dados angulares com a E.T.

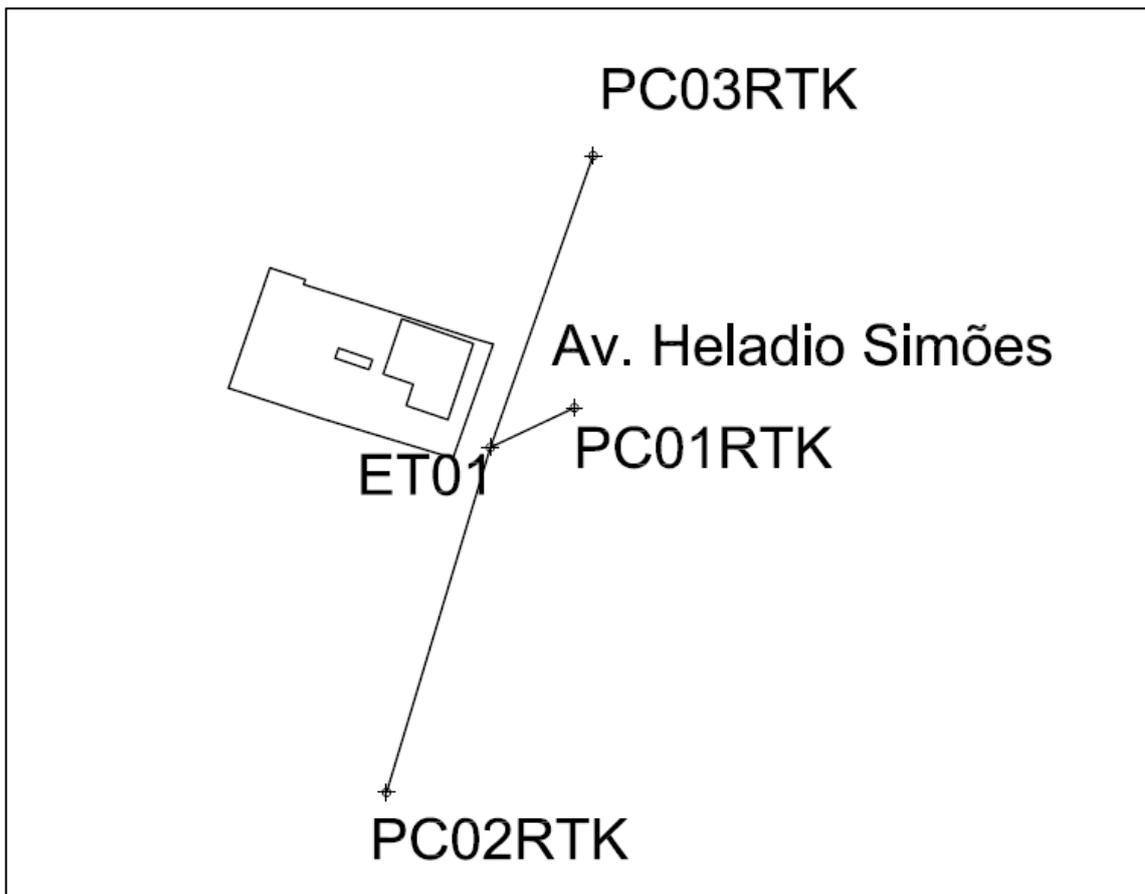
Figura 7 - Equipamento GNSS com fita refletiva (Auxiliar: Pedro Bernado)



Fonte - O autor (2024)

Coletou-se inicialmente o primeiro P.C. (PC01RTK) pelo método RTK e, ao mesmo tempo, com a E.T. Após a coleta, perdeu-se a solução fixa do equipamento GNSS, o que fez com que ele recalculasse a solução das ambiguidades, eliminando assim o erro de falsa solução fixa. Após recalcular as soluções das ambiguidades, foram coletados, também simultaneamente, os dados do P.C. seguinte (PC02RTK) pelo método RTK e com a E.T., e esse processo foi repetido para o último P.C. (PC03RTK). Após a coleta desse P.C., foi aplicada a transformação de Helmert (Apêndice A), obtendo assim os parâmetros de transformação.

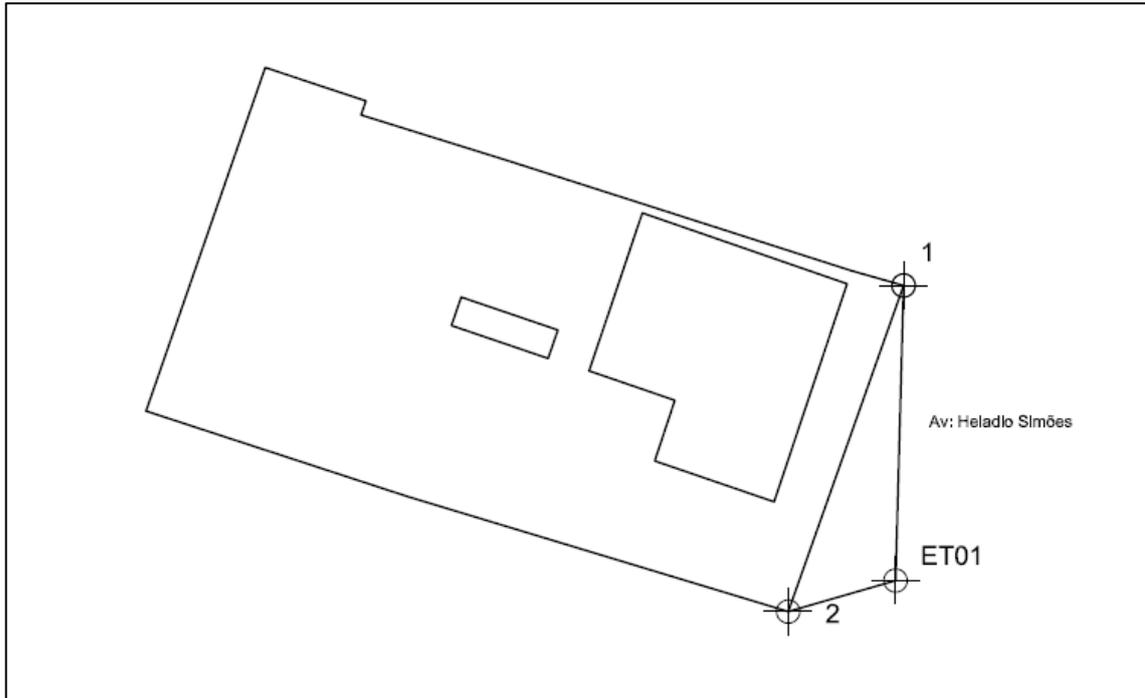
Figura 8 - Pontos de Controle da ET01



Fonte - O autor (2024)

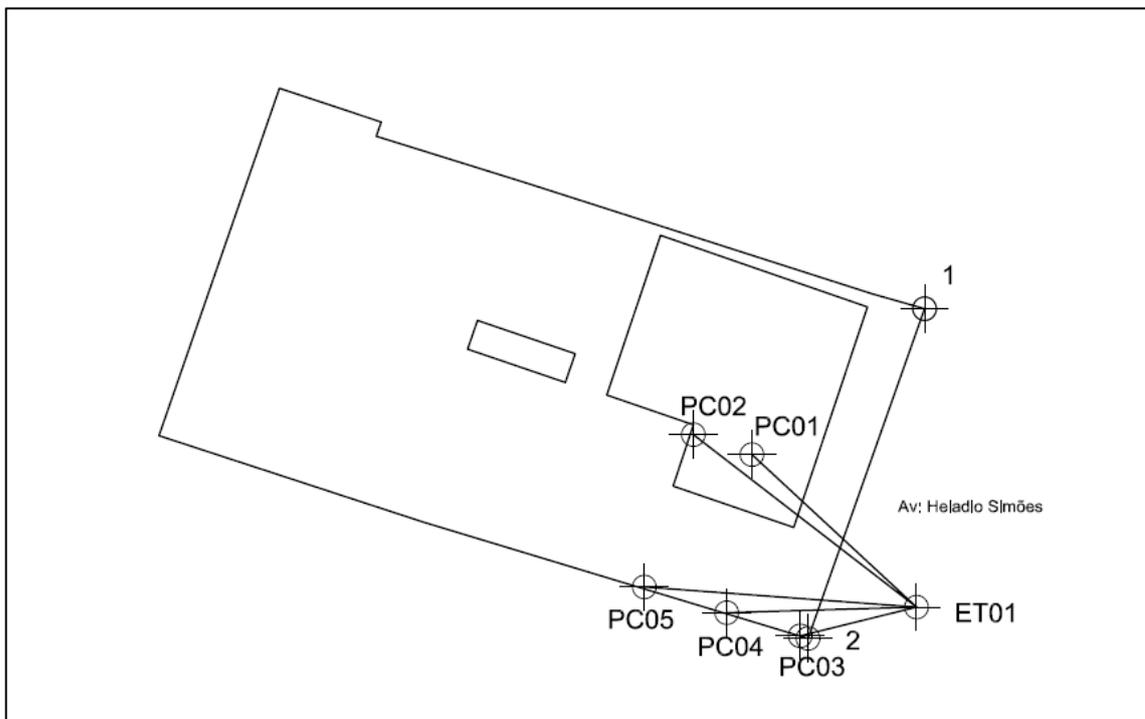
Após isso, foram coletados os vértices iniciais do imóvel (1 e 2) (Figura 9). Foram colocados os P.C. (PC01, PC02, PC03, PC04 e PC05) no muro de divisa do imóvel com fita refletiva, a partir da qual foram lidos os ângulos com a E.T. (ET1) (Figura 10).

Figura 9 – Vértices 1 e 2 da ET01



Fonte - O autor (2024)

Figura 10 - Pontos de Controlos Auxiliares da ET01

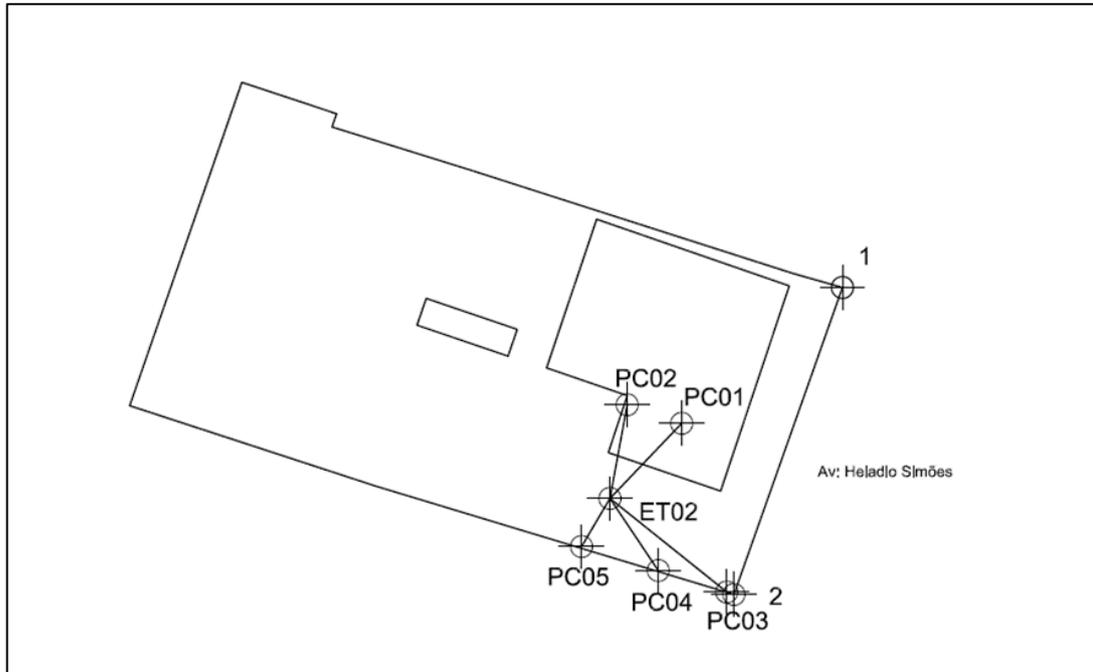


Fonte - O autor (2024)

Com os parâmetros de transformação, foram aplicados nos P.C. (PC01, PC02, PC03, PC04 e PC05) (Figura 09) do muro e nos vértices (1 e 2) (Figura 10), que estavam em um sistema topográfico local, convertendo-os para o sistema de coordenadas UTM. Em seguida, a

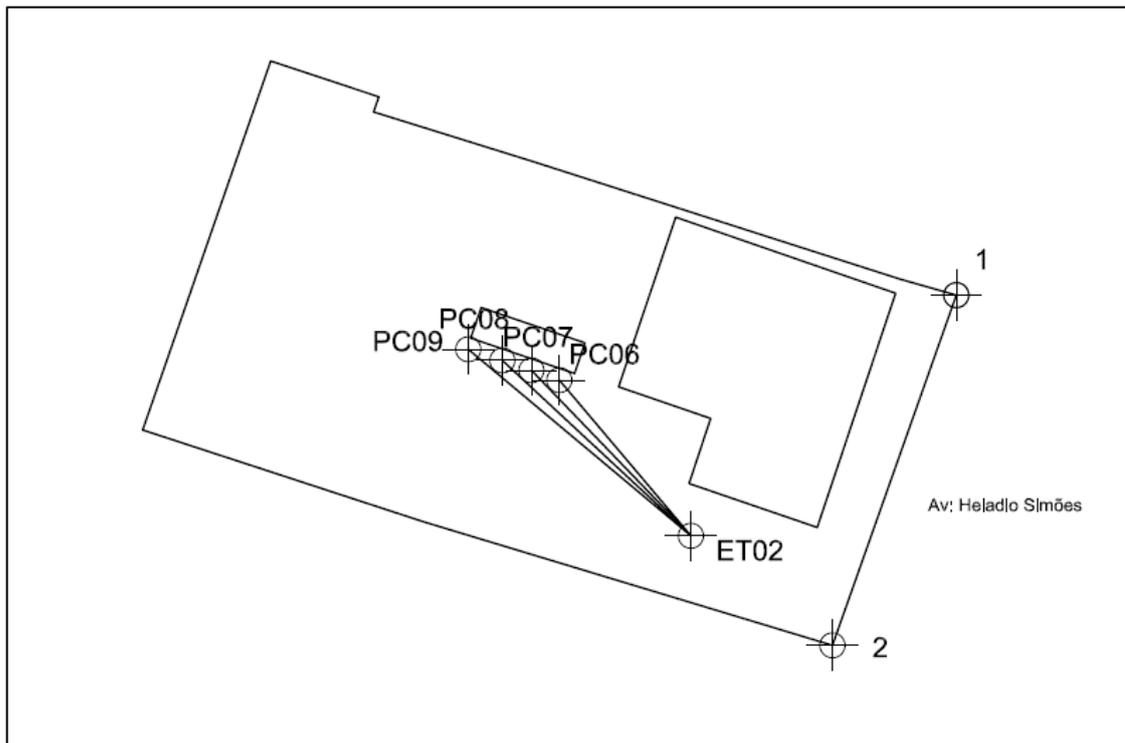
E.T. foi estacionada novamente em outro ponto estratégico (ET2), a partir do qual foram lidos os P.C. anteriores (Figura 11) e os novos P.C. (PC06, PC07, PC08 e PC09) (Figura 12).

Figura 11 – Pontos de Controle da ET01



Fonte - O autor (2024)

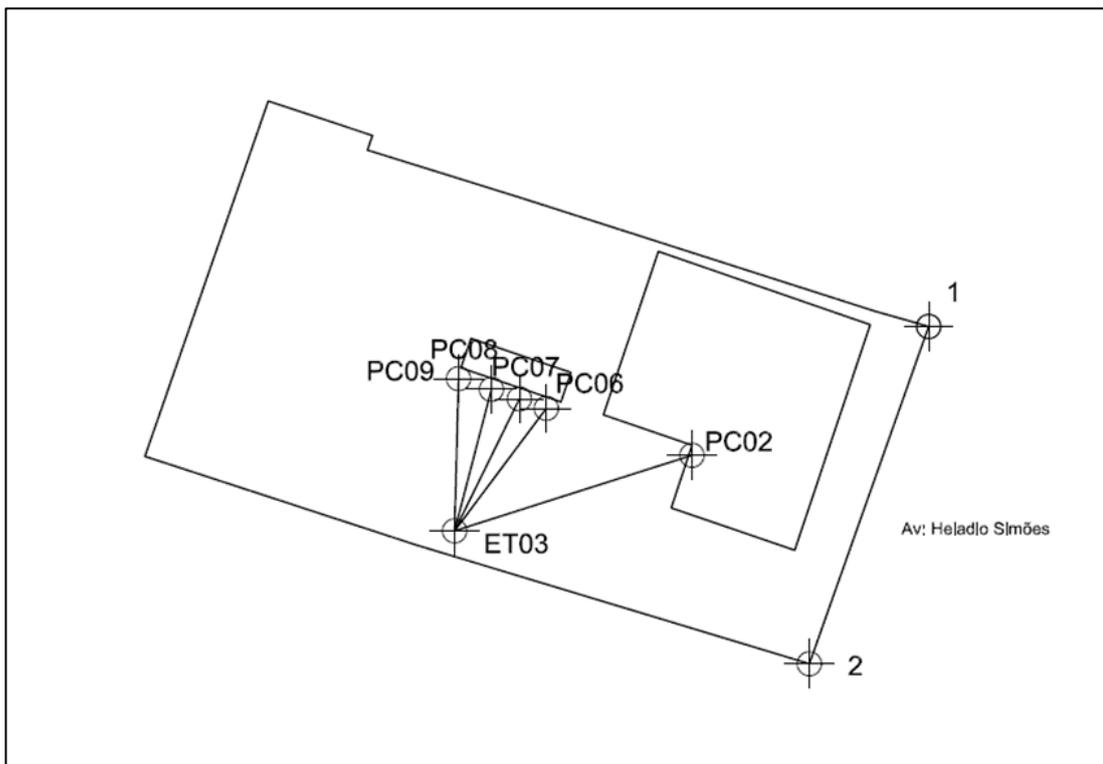
Figura 12 – Pontos de Controle ET02



Fonte - O autor (2024)

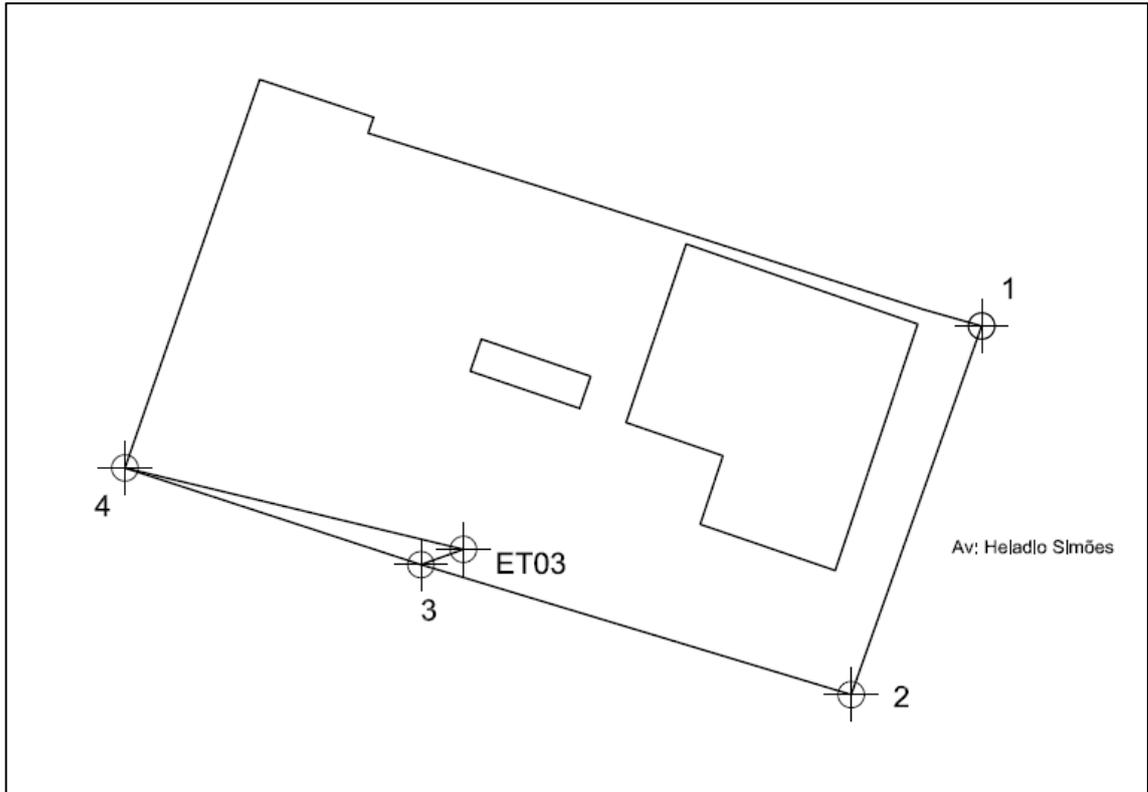
A transformação de Helmert foi novamente aplicada aos P.C (PC06, PC07, PC08 e PC09) (Figura 12) obtidos na E.T ET02, ajustando seus sistemas de referência. Após a transformação dos P.C, a E.T foi reposicionada em outro ponto estratégico (ET03) (Figura 13), permitindo uma nova leitura dos P.C anteriormente medidos na ET02 (Figura 12), além da leitura do PC02 (Figura 13). Em seguida, foram observados os vértices 3 e 4 (Figura 14) e os P.C adicionais (PC10, PC11, PC12, PC13, PC14 e PC15) (Figura 15). Para finalizar, foi realizada uma transformação de Helmert para converter os P.C para o sistema UTM.

Figura 13 – Pontos de Controle ET02



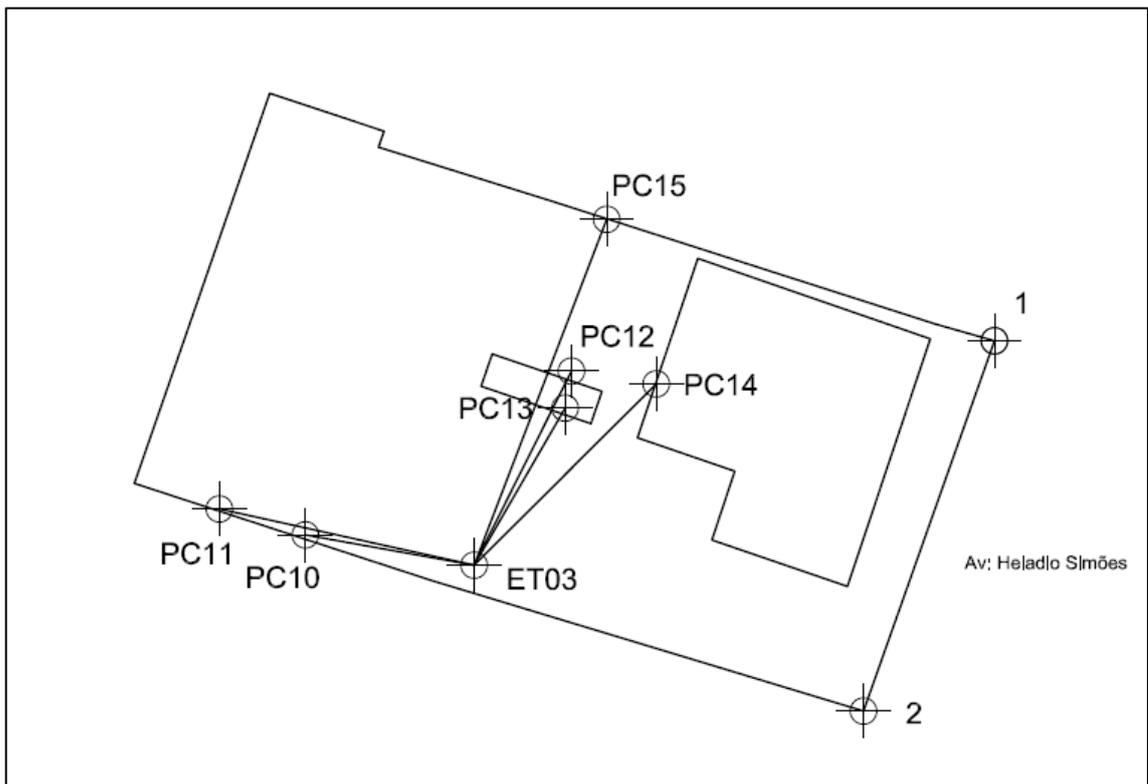
Fonte - O autor (2024)

Figura 14 – Vértices 3 e 4 da ET03



Fonte - O autor (2024)

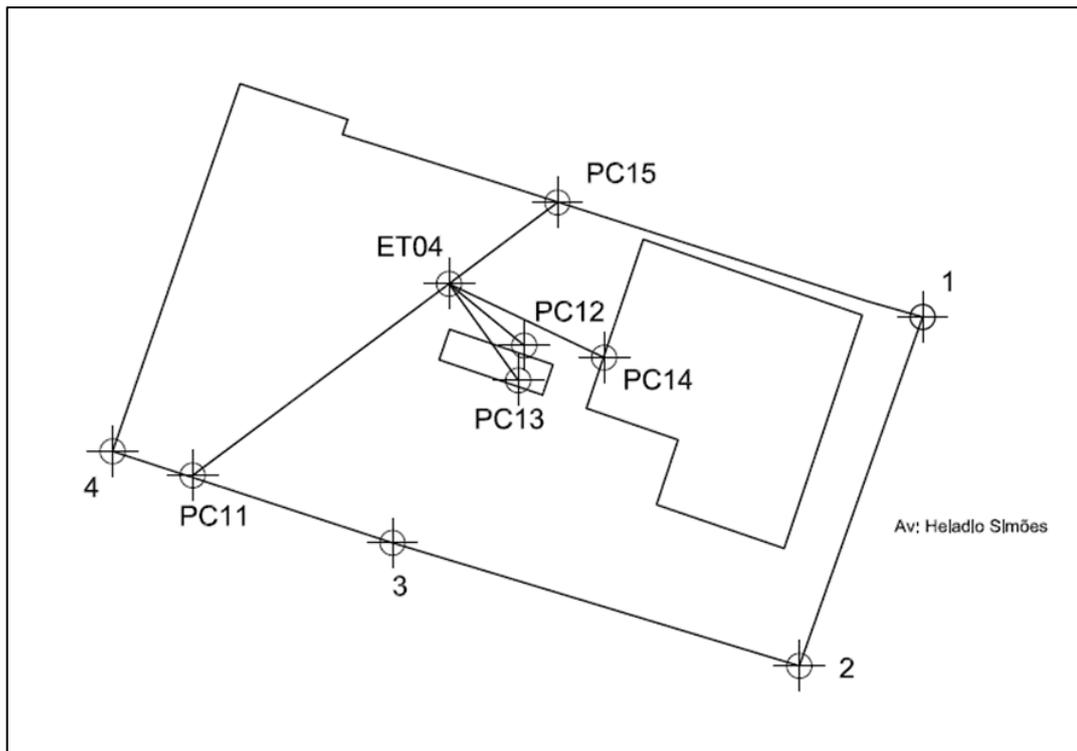
Figura 15 – Pontos de Controle da ET03



Fonte - O autor (2024)

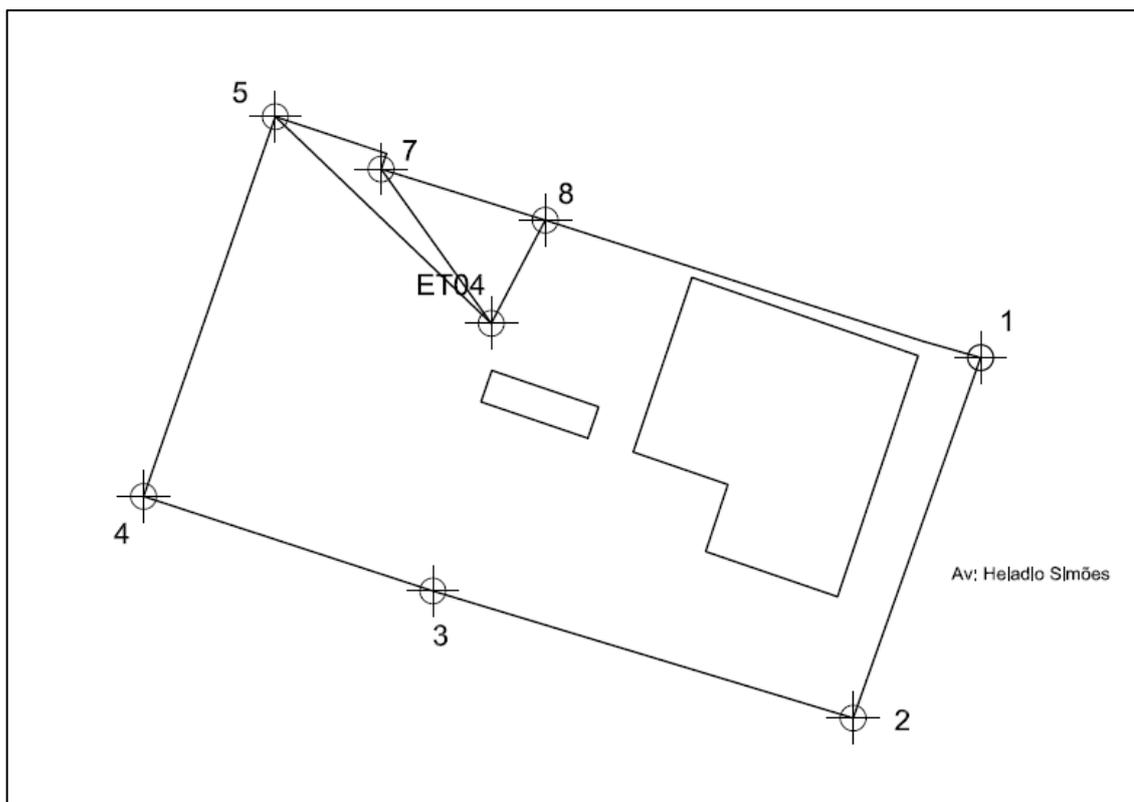
Na etapa final de posicionamento, o equipamento foi colocado em um novo ponto estratégico (ET04) (Figura 16). Realizou-se então as leituras dos P.C (PC11, PC12, PC13, PC14 e PC15) (Figura 15) já registrados anteriormente, e em seguida, dos vértices finais (5, 7 e 8) (Figura 17). Como um dos vértices estava inacessível, foi medida a distância dele em relação ao vértice 7 (Figura 11) e, no software AutoCAD, aplicou-se o comando Offset, com um deslocamento de 0,628 metros, para determinar a posição do vértice 6 (Apêndice B).

Figura 16- Pontos de Controle da ET04



Fonte - O autor (2024)

Figura 17 – Vértices da 5, 7 e 8 da ET04



Fonte - O autor (2024)

Por fim, foram medidos dois vértices do imóvel usando o método RTK e comparados com a distância calculada a partir das coordenadas obtidas pelo método de Estação Livre (E.L) e com a trena. Contudo, como as coordenadas obtidas pela E.L e pelo RTK são baseadas na projeção cartográfica UTM, ocorre uma distorção nas distâncias em relação ao sistema topográfico local (trena). Para corrigir essa distorção, aplicou-se o fator K de distorção meridiana. O fator K foi obtido por uma planilha fornecida pelo Prof. Dr. Ivandro Klein, do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), as demais equações estão presente no Anexo A deste trabalho (Anexo A).

De acordo com Corrêa (2021), as distâncias medidas no terreno devem ser multiplicadas pelo fator de escala correspondente à região onde a medição é realizada para serem projetadas corretamente. Inversamente, as distâncias obtidas na projeção devem ser divididas pelo fator de escala para que se obtenham as distâncias reais.

Outro método utilizado foi o PRE, que aplicamos para obter um ponto de referência para fins de comparação com o método proposto. Esse ponto foi processado em relação ao ponto de controle da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) mais próximo (MGMT - Monte Carmelo). Após o processamento, foram obtidos os resultados da linha de base, incluindo suas precisões, e o ajustamento foi realizado pelo Método dos Mínimos Quadrados

(MMQ) para calcular a coordenada e seu desvio-padrão. Por fim, o ponto obtido pelo método PRE foi comparado com o resultado obtido pelo método de E.L.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a obtenção dos parâmetros de transformação (Equação 1 e 2) para cada estacionada (Tabela 1), as coordenadas topográficas locais das E.TET foram transformadas (Tabela 2) e dos Pontos de Verificação (PV) (Tabela 3). Inicialmente, as estacionadas foram configuradas em coordenadas arbitrárias.

Tabela 1 - Valores dos Parâmetros de Transformação

ET	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)
ET1	-0,9024	-0,4328	237627	7927298
ET2	-0,3945	0,92044	235756	7928147
ET3	-0,0798	0,99791	235355	7927910
ET4	-0,8823	0,47355	236682	7928198

Fonte – O autor (2024)

Tabela 2 - Coordenadas Locais das E.T

PT	E (m)	N (m)
E1	236291,749	7926828,578
E2	236281,592	7926831,613
E3	236272,622	7926832,749
E4	236273,276	7926842,533

Fonte - O autor (2024)

Tabela 3 - P.V obtidos com a E.T

PT	X	Y
PV01	1005,150	988,472
PV02	1003,534	1003,163
PV03	1000,703	998,463
PV04	997,938	987,103
PV05	1003,523	989,033
PV07	1000,896	992,745
PV08	996,284	997,467

Fonte - O autor (2024)

Após a transformação das E.T, seguiu-se para os P.C (Tabela 4) e os P.V (Tabela 5), assim, após obtermos o desvio-padrão de cada coordenada (Equação 11), conseguimos determinar as precisões das coordenadas no sistema UTM (Tabela 6,7 e 8), sendo precisões milimétricas.

Tabela 4- Coordenadas UTM dos P.C

PT	E (m)	N (m)
PC1	236284,831	7926835,033
PC2	236282,369	7926835,874
PC3	236286,862	7926827,361
PC4	236283,771	7926828,342
PC5	236280,312	7926829,426
PC6	236276,393	7926837,816
PC7	236275,290	7926838,211
PC8	236274,139	7926838,602
PC9	236272,792	7926839,051
PC10	236266,310	7926833,888
PC11	236263,096	7926834,868
PC12	236276,030	7926838,670
PC13	236276,268	7926840,066
PC14	236277,586	7926845,787
PC15	236279,437	7926839,583

Fonte- O autor (2024)

Tabela 5- Coordenadas UTM dos P.V

PT	E (m)	N (m)
PV01	236292,091	7926841,209
PV02	236287,191	7926827,253
PV03	236271,032	7926832,170
PV04	236259,917	7926835,836
PV05	236264,974	7926850,541
PV07	236269,049	7926848,510
PV08	236275,355	7926846,528

Fonte- O autor (2024)

Tabela 6 - Precisão das coordenadas das E.T no sistema UTM

PT	$\sigma E(m)$	$\sigma N(m)$
E1	$\pm 0,00677$	$\pm 0,00677$
E2	$\pm 0,00197$	$\pm 0,00197$
E3	$\pm 0,00149$	$\pm 0,00149$
E4	$\pm 0,00183$	$\pm 0,00183$

Fonte - O autor (2024)

Tabela 7 - Precisão das coordenadas dos P.C no sistema UTM

PT	$\sigma E(m)$	$\sigma N(m)$
PC1	$\pm 0,00710$	$\pm 0,00710$
PC2	$\pm 0,00735$	$\pm 0,00735$
PC3	$\pm 0,00725$	$\pm 0,00725$
PC4	$\pm 0,00735$	$\pm 0,00735$
PC5	$\pm 0,00692$	$\pm 0,00692$
PC6	$\pm 0,00450$	$\pm 0,00450$
PC7	$\pm 0,00492$	$\pm 0,00492$
PC8	$\pm 0,00538$	$\pm 0,00538$
PC9	$\pm 0,00592$	$\pm 0,00592$
PC10	$\pm 0,00735$	$\pm 0,00735$
PC11	$\pm 0,00289$	$\pm 0,00289$
PC12	$\pm 0,00074$	$\pm 0,00074$
PC13	$\pm 0,00085$	$\pm 0,00085$
PC14	$\pm 0,00181$	$\pm 0,00181$
PC15	$\pm 0,00105$	$\pm 0,00105$

Fonte- O autor (2024)

Tabela 8 - Precisão das coordenadas do P.V no sistema UTM

PT	$\sigma E(m)$	$\sigma N(m)$
PV01	$\pm 0,007253$	$\pm 0,007253$
PV02	$\pm 0,006921$	$\pm 0,006921$
PV03	$\pm 0,001761$	$\pm 0,001761$

PV04	$\pm 0,003487$	$\pm 0,003487$
PV05	$\pm 0,003930$	$\pm 0,003930$
PV07	$\pm 0,003049$	$\pm 0,003049$
PV08	$\pm 0,002378$	$\pm 0,002378$

Fonte - O autor (2024)

Por fim, foi aplicado o controle de qualidade previsto na NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022) e a equação da tolerância (Equação 13), na qual obtivemos uma tolerância 2,3 centímetros, observando a diferença das distâncias entre os métodos (Tabela 10) ambos os métodos estão dentro da tolerância.

Tabela 9 – Medida das distâncias coletadas em campo

Método	Distância (m)
Distância E.L (UTM)	14,791
Distância Horizontal E.L (Local)	14,786
Distância RTK (UTM)	14,799
Distância Horizontal RTK (Local)	14,794
Distância Trena (Local)	14,782

Fonte - O autor (2024)

Tabela 10- Diferenças entre as medidas (m)

	E. L	RTK	TRENA
E. L	0	-0,008	0,004
RTK	0,008	0	0,012
TRENA	-0,004	-0,012	0

Fonte - O autor (2024)

Por fim, foi observado a diferença milimétrica entre o método de PRE e o Método Proposto (Tabela 11).

Tabela 11- Diferença PRE x E.L

	E (m)	N (m)
PRE	7926828,575	236291,740
E.L	7926828,578	236291,749
DIFERENÇA	0,0028	0,009

Fonte - O autor (2024)

Ao observar com mais critério, constatamos que o método proposto apresentou um ótimo desempenho em locais com cânions urbanos, obtendo uma precisão de 4 milímetros em relação à distância medida com trena e de 8 milímetros em relação à distância calculada a partir das coordenadas pelo método RTK. Em comparação, o método RTK apresentou uma precisão de 1,2 centímetros em relação à trena. Segundo Corrêa (2021), para distâncias curtas não é necessário aplicar o fator K de distorção meridiana, entretanto, ao analisarmos os resultados, verificamos que o fator K foi essencial para que as distâncias obtidas estivessem de acordo com a tolerância exigida pela norma NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022).

Após o processamento das coordenadas, foi possível elaborar a planta topográfica do imóvel (Apêndice B) com os Pontos de Verificação (Tabela 5), resultando em uma área de 428,999 metros quadrados e um perímetro de 88,251 metros. Os produtos exigidos pela NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022), incluindo a planta topográfica e o memorial descritivo, foram gerados (Apêndices B e C).

4. CONCLUSÃO

O método proposto demonstrou ser altamente eficaz, com precisão milimétrica, essencial para uso em cadastros urbanos. Embora esse método não esteja previsto na NBR 17.047/2022 (ABNT, 2022), ele se mostra de grande relevância. Entre suas vantagens estão a praticidade e o excelente custo-benefício, pois o método é rápido e preciso. A utilização de múltiplas Estações Livres revelou-se vantajosa para realizar cadastros urbanos em áreas de difícil acesso, permitindo densificar os P.C originais e distribuí-los pela propriedade. Assim, ao aplicar a transformação de Helmert nos PCs iniciais, todos os demais pontos ficam no sistema de coordenadas UTM.

Recomenda-se que o método seja considerado para inclusão na norma, facilitando a realização de cadastros urbanos. Além disso, seria prudente revisar a tolerância exigida pela norma, uma vez que a precisão do método RTK é comprometida em zonas urbanas densas e em áreas arborizadas, justificando uma tolerância ligeiramente maior. Também se sugere a utilizar o fator K para correção da distorção entre os sistemas de referência.

Em trabalhos futuros, é recomendável investigar a eficácia desse método para a materialização de pontos conforme a norma, assim como sua aplicação em outras áreas da engenharia, como na topografia de minas e no setor industrial.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR-13.1333. Execução do levantamento topográfico - Procedimentos.1994.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR-17.047. Levantamento Cadastral Territorial para Registro Públicos - Procedimentos. 2022

Bonifácio, M. B.; DE Seixas, A. Implantação de Redes Geodésicas para o Cadastro Rural, Georreferenciamento de Imóveis. XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2007.

Brandão, A C. O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais. Tese de Doutorado. Projeto de Qualificação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2003.

Cabral, C. R.; Hasenack, M.; Boscatto, F. ESTAÇÃO LIVRE SÉRIE: TOPOGRAFIA E AGRIMENSURA PARA CURSOS TÉCNICOS. Disponível em: <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2018/08/estacao_livre.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

Corrêa, I. C. S. Topografia aplicada à engenharia civil. 2021. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/217687/001122342.pdf>>

Da Costa, S. M. F; Vieira, J. Cadastro Urbano e sua Importância para os pequenos municípios da Amazônia: Uma proposta metodológica. João Pessoa, 2015

Gama, L. F.; Carneiro, A. F. T.; De Seixas, A. Normatização da aplicação do posicionamento GPS em Levantamentos Cadastrais. II Simpósio Brasileiro de Geomática.V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Presidente Prudente – SP, 2007.

Gama, L. F.; De Seixas, A. Implantação e análise de estruturas geodésicas obtidas por GPS e Estação Total – Área experimental Campus da UFPE. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Cidades e Estados. Agostos de 2023.

Kavouras, M. On the Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Networks. 1982. m. sc. e. 1982. Tese de Doutorado. Thesis-Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, Canada.

Klein, I. Controle de qualidade no ajustamento de observações geodésicas. 2012.

Klein, I.; Lima, A. P. B. Estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER. In: XIII Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial, 2018, Florianópolis. Anais do XIII COBRAC, 2018 a.

Klein, I; Guzzatto, M. P; Hasenack, M; Cabral, C. R; Lima, A. P. B; Fritsche, S; Regina Junior, L. A. M; Momo, G. F. Rede de Referência Municipal para Estações Livres: uma proposta de baixo custo e grande abrangência. Florianópolis: Instituto Federal de Santa Catarina, 2018 b.

Matsuoka, M. T. Ajustamento de Observações. Notas de Aula do Curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Campus Monte Carmelo, 2016

Muniz-gaal, L. P; Pezzuto, C. C; Carvalho, M. F. H; Mota, L. T. M. Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 177-196, abr./jun. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000200249>.

Rocha, R. S.; Brandão, A. C. Referencial Geodésico no Cadastro Urbano. XIX Congresso Brasileiro de Cartografia. Recife – Pernambuco. Anais. 1999.

Resende, G. C. Densificação da rede geodésica horizontal no município de Monte Carmelo-MG. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Faculdade de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

Romão, V. M. C.; Carneiro, A. F. T.; Philips, J; Silva, T. F.; Rede de Referência Cadastral Municipal: Uma proposta do grupo de trabalho sobre cadastro Municipal (GTCM) do DECart – UFPE. Anais II Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC. Florianópolis. 1996.

Rosa, R. S. Implantação de uma Rede Geodésica Horizontal no Município de Monte Carmelo-MG. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Faculdade de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

Sapucci, L. F.; Monico, J. F. G. Transformação de Helmert generalizada no posicionamento de alta precisão: fundamentação teórica e exemplificações. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, n. 2, p. 161–172, 2000.

Veiga, L. A. K; Zanetti, M. A. Z.; Faggion, P. L. Fundamentos de topografia. Universidade Federal do Paraná, 2012.

Vieira, A. D.; Camara, G. S.; Bravo, J. V. M.; & Camboim, S. P. Desenvolvimento de solução de geoinformação aberta voltada ao planejamento da atualização cadastral de uma cidade pequena.

Zeiske, K. Simplificando o Levantamento Topográfico. Leica Geosystems, Heerbrugg, Suíça, 2000.

ANEXO A – CONVERGÊNCIA MERIDIANA UTM (FATOR K)

O valor de K foi encontrado ao aplicamos os valores das coordenadas dos pontos na planilha. As seguintes equações foram utilizadas na tabela para obtenção dos dados sem a distorção meridiana.

$$K_n = (E - 500000)^2 \times 0,00000000000000123 + 0,9996 \quad (\text{A.1})$$

Onde E representa o valor da coordenada leste em UTM. O fator K, ou coeficiente de redução de escala, varia conforme a distância em relação ao Meridiano Central (Corrêa, 2021). Por essa razão, foram considerados apenas os valores das coordenadas leste (E).

$$fr = \frac{1 - h}{R_E} \quad (\text{A.2})$$

Na qual, h é a altitude média do local, a altitude média do local foi de 877 metros, e R_E o raio da terra de 6.378.000 metros.

$$Kr = \frac{(K_n + K_{n+1})}{2} \times fr \quad (\text{A.3})$$

Assim, obtermos o valor de Kr , no qual é o produto da média dos K_n , onde n representa a coordenada do ponto inicial (UTM) e $n + 1$ a coordenada do ponto final (UTM).

$$D = \sqrt{(N_2 - N_1)^2 + (E_2 - E_1)^2} \quad (\text{A.4})$$

No qual D é a distância entre as duas coordenadas (UTM), obtendo a partir da raiz quadrada da soma das diferenças quadráticas.

$$DH = \frac{D}{Kr} \quad (\text{A.5})$$

Em que DH representa a distância horizontal (UTM) sem a distorção, calculada como a razão entre a distância D do sistema de projeção (UTM) e o fator de escala Kr . Esse cálculo permite determinar a tolerância com precisão e em conformidade com a norma.

APÊNDICE A – AJUSTAMENTO DA TRANSFORMADA DE HELMERT

```

1 clear; clc; format long g;
2 %% Vetor das observações (Coordenadas no Sistema UTM)
3 % EXEMPLO DE VETOR Lb
4 Lb=[236301.957;7926833.425;236279.137;7926786.334;236304.234;7926864.296];
5 [n,~] = size(Lb);
6 %% Matriz Covariância das observações (Coordenadas no Sistema UTM)
7 % PRECISAO DAS COORDENADAS
8 var_prio = 0.01^2;
9 MVC = var_prio * eye(n);
10 %% Matriz Peso
11 sig_o = 1;
12 P = sig_o * inv(MVC);
13 %% Parâmetro aproximados (Xo) --> modelo linear
14 Xo = [0 0 0 0]';
15 %% Vetor das observações aproximadas (Lo) --> modelo linear
16 Lo = zeros(n,1);
17 %% Matriz A (derivadas parciais)
18 % E = ax + by + c;
19 % N = -bx + ay + d
20 % A = [x y 1 0;y -x 0 1];
21 %EXEMPLO, COLOCAR VALORES DE X E Y
22 A = [992.910 991.218 1 0;
23 991.218 -992.910 0 1;
24 993.107 1043.512 1 0;
25 1043.512 -993.107 0 1;
26 1004.176 962.427 1 0;
27 962.427 -1004.176 0 1];
28 [~,u] = size(A);
29 %% Matriz L (Correção às observações aproximadas)
30 L = Lo - Lb;
31 %% Determinação dos parâmetros de transformação (a,b,c e d)
32 X = -(A' * P * A)\eye(u) * (A' * P * L);
33 Xa = Xo + X;
34 a = Xa(1);
35 b = Xa(2);
36 c = Xa(3);
37 d = Xa(4);
38 disp("vetor dos parâmetros estimados");
39 disp(a);
40 disp(b);
41 disp(c);
42 disp(d);
43 %% Calculo do Vetor dos Resíduos
44 V = A*Xa + L;
45 disp("vetor dos resíduos");
46 disp(V*1000);
47 max_V = find(max(abs(V)) == abs(V));

```

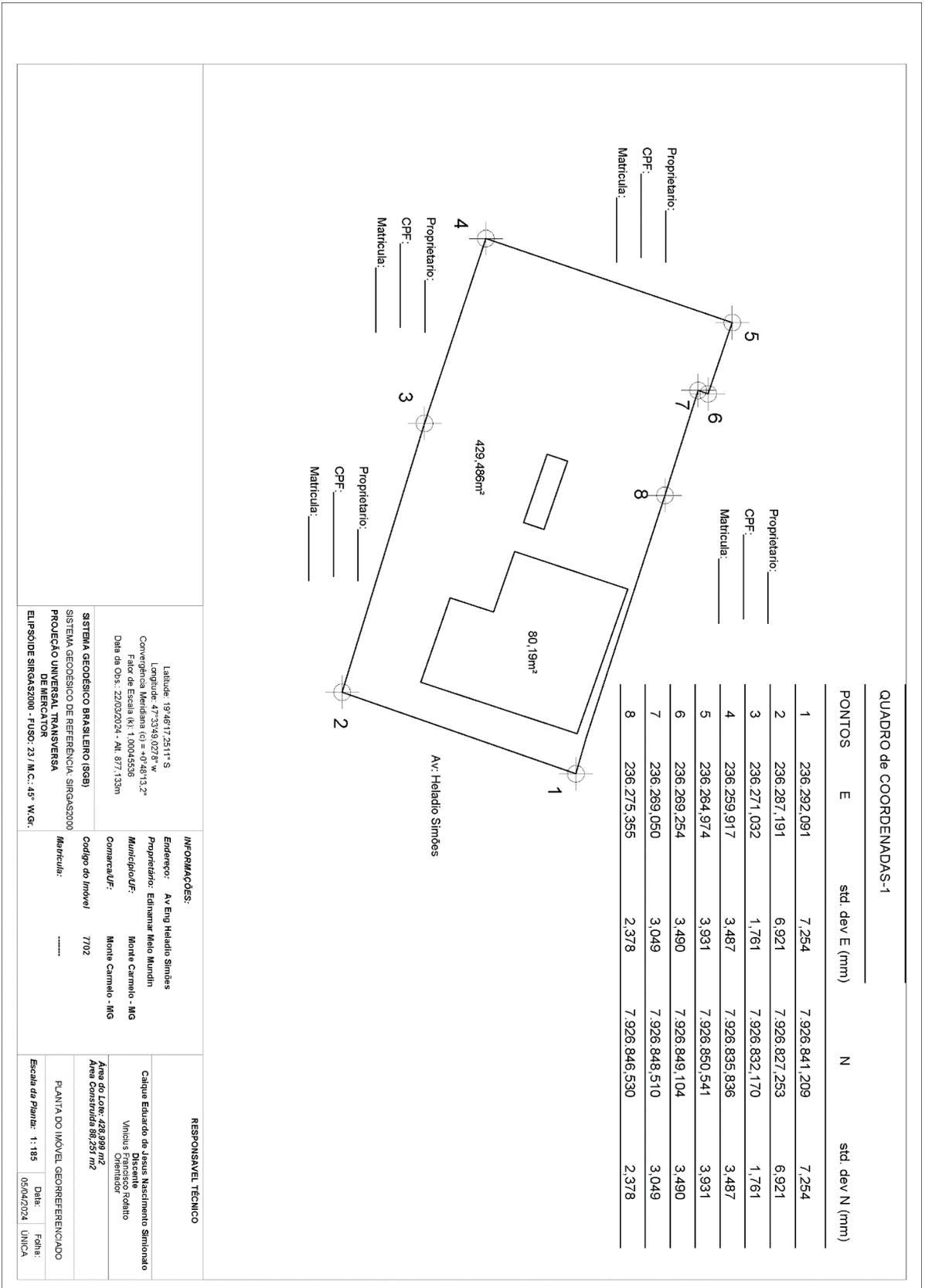
```

48 La = A*Xa;
49 disp("vetor das observações ajustadas");
50 disp(La)
51 %% Teste Global do Ajustamento
52 n = 6; % número de observações/equações
53 u = 4; % número de parâmetros
54 var_posteriori = (V'*P*V)/(n-u);
55 alfa = 0.05; %5%
56 var_posteriori_tabelada = (chi2inv(1-alfa,n-u))/(n-u);
57 if var_posteriori > var_posteriori_tabelada
58 disp('Não há evidências para rejeitar a Hipótese Alternativa: Problemas no Ajustamento');
59 else
60 disp('Não há evidências para rejeitar a Hipótese Nula: Não há problemas no Ajustamento');
61 end
62 %% Teste de significância dos parâmetros
63 MVCXa = var_posteriori * inv(A' * P * A);
64 % Desvio-padrão dos parâmetros estimados
65 desv_par = sqrt(diag(MVCXa));
66 % estatísticas para teste de significância dos parâmetros
67 ta = abs(Xa(1))/desv_par(1);
68 tb = abs(Xa(2))/desv_par(2);
69 tc = abs(Xa(3))/desv_par(3);
70 td = abs(Xa(4))/desv_par(4);
71 % estatística tabelada
72 tcalc = tinv(1-alfa/2,n-u);
73 if ta > tcalc
74 disp('parâmetro a significativo ao nível de 5% de probabilidade');
75 else
76 disp('parâmetro a não significativo ao nível de 5% de probabilidade');
77 end
78 if tb > tcalc
79 disp('parâmetro b significativo ao nível de 5% de probabilidade');
80 else
81 disp('parâmetro b não significativo ao nível de 5% de probabilidade');
82 end
83 if tc > tcalc
84 disp('parâmetro c significativo ao nível de 5% de probabilidade');
85 else
86 disp('parâmetro c não significativo ao nível de 5% de probabilidade');
87 end
88 if td > tcalc
89 disp('parâmetro d significativo ao nível de 5% de probabilidade');
90 else
91 disp('parâmetro d não significativo ao nível de 5% de probabilidade');
92 end
93 %% Coordenadas da Estação no Sistema UTM
94 xo = 1000;
95 yo = 1000;
96 xT = [1000 1009.022 1011.604 1003.877 1007.086 1010.671 1005.150 1007.409
1003.534];

```

```
97 yT = [1000 997.173 997.479 1003.208 1003.659 1004.177 988.472 988.859 1003.163];
98 [~, np] = size(xT);
99 Ec = zeros(np,1);
100 Nc = zeros(np,1);
101 desvio_padrao_EN = zeros(2,np);
102 for i = 1:np
103 Ec(i) = a*xT(i) + b*yT(i) + c;
104 Nc(i) = -b*xT(i) + a*yT(i) + d;
105 %% Precisão das coordenadas da Estação no Sistema UTM
106 D = [xT(i) yT(i) 1 0;yT(i) -xT(i) 0 1];
107 MVCEoNo = D * MVCXa * D';
108 desvio_padrao_EN(1:2,i) = sqrt(diag(MVCEoNo));
109 end
110 disp('vetor das coordenadas')
111 disp (Ec)
112 disp (Nc)
113 disp (desvio_padrao_EN')
```

APÊNDICE B – PLANTA TOPOGRÁFICA



APÊNDICE C – MEMORIAL DESCRITIVO

Memorial Descritivo

Proprietário: Edinamar Melo Mundin
Endereço: Av Eng Heladio Simões,182, Bатуque
Município/UF: Monte Carmelo/MG
Perímetro (m): 88,39
Área (m²): 429,486
Comarca: Monte Carmelo

DESCRIÇÃO

O imóvel descrito abaixo corresponde a um terreno de 429,486 m², localizado à Av Eng Heladio Simões,182, Bатуque, no município de Monte Carmelo/MG.

Inicia-se a descrição deste perímetro no vértice **P0**, de coordenadas **N 7926841,209 m** e **E 236292,091**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **199°20'46,86"** e **14,79 m**; até o vértice **P1**, de coordenadas **N 7926827,253 m** e **E 236287,191 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **286°51'33,62"** e **17,69 m**; até o vértice **P2**, de coordenadas **N 7926832,170 m** e **E 236271,032 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **288°27'23,56"** e **10,91 m**; até o vértice **P3**, de coordenadas **N 7926835,836 m** e **E 236259,917 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **18°58'40,52"** e **15,55 m**; até o vértice **P4**, de coordenadas **N 7926850,541 m** e **E 236264,974 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **108°33'33,68"** e **4,51 m**; até o vértice **P5**, de coordenadas **N 7926849,104 m** e **E 236269,254 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **198°57'15,23"** e **0,63 m**; até o vértice **P6**, de coordenadas **N 7926848,510 m** e **E 236269,050 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **107°26'3,09"** e **6,61 m**; até o vértice **P7**, de coordenadas **N 7926846,530 m** e **E 236275,355 m**; deste, segue com os seguintes azimute plano e distância: **107°38'14,66"** e **17,56 m**; até o vértice **P0**, de coordenadas **N 7926841,209 m** e **E 236292,091 m**, encerrando esta descrição.

Todas as coordenadas aqui descritas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e encontram-se representadas no sistema UTM, referenciadas ao Meridiano Central -

45, Fuso **23S**, tendo como DATUM **SIRGAS2000**. Todos os azimutes e distâncias, área e perímetro foram calculados no plano de projeção UTM.

Monte Carmelo - MG, 16 de outubro de 2024

Caique Simionato

Discente do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

Vinicius Francisco Rofatto

Orientador