

ANALISE DA INCERTEZA DA MEDIÇÃO CADASTRAL DE LOTE URBANO COM USO DE TRENA

Milena de Araújo Limoeiro¹, Artur Caldas Brandão², Nicole Fonseca Morely³, Nadson Lobo de Jesus⁴

¹Eng^a Agrimensora e Cartógrafa, Professora do IFBAIANO, Uruçuca, BA, milena.limoeiro@urucuca.ifbaiano.edu.br

²Eng^o Agrimensor, Professor da UFBA, Salvador, BA, acaldas@ufba.br

³Eng^a Agrimensora e Cartógrafa, Salvador, BA, nicolefmorely@gmail.com

⁴Eng^o Agrimensor e Cartógrafo, Salvador, BA, nadsonlobo@hotmail.com

RESUMO: A inexistência de um sistema de cadastro territorial confiável no município faz-se questionar qual a metodologia utilizada pelas prefeituras para mensurar as áreas dos imóveis para a cobrança do IPTU. No entanto, a viabilidade da execução de levantamentos cadastrais por um método de baixo custo e que garanta resultados confiáveis pode colaborar fortemente no processo de gestão municipal. Neste contexto, este trabalho visa verificar a incerteza da medição cadastral de um lote urbano com uso de trena, uma metodologia de baixo custo e que pode ser facilmente aplicada especialmente em pequenos municípios. E, ainda, realizar uma comparação entre a área deste imóvel cadastrada na prefeitura do município de Salvador com a área para este mesmo imóvel obtida a partir das medições realizadas. Foram realizadas medições em um determinado imóvel com uso da trena de fibra e, posteriormente, calculadas as áreas deste imóvel por diferentes métodos. No método da poligonização ajustada obteve-se para o imóvel um valor de área igual a 226,70 m² com incerteza de 0,16m². Foi encontrada uma diferença de aproximadamente 40 a 50 m² entre o valor da área do imóvel calculado pelas metodologias estudadas neste trabalho e o valor utilizado pela prefeitura como base para o cálculo de IPTU.

PALAVRAS-CHAVE: levantamento cadastral, cadastro urbano, cálculo de área

INTRODUÇÃO: A falta de sistemas de cadastros territoriais e mapeamentos de qualidade é uma realidade para a maioria dos municípios do Brasil. No entanto, a presença dos mesmos é indispensável para o aperfeiçoamento de todo o trabalho de gestão das prefeituras, desde a organização territorial até a solução de diversos outros tipos de problemas. Para a realização de trabalhos que necessitem de informações relacionadas à ocupação do território, é preciso que essas informações sejam confiáveis e descrevam com fidelidade a real situação do território. A prefeitura municipal é o órgão responsável pela cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) em seus respectivos municípios. As prefeituras utilizam como base para cobrança deste imposto o valor venal do imóvel, que, por sua vez, é calculado em função da área do imóvel, da localização do imóvel na Planta Genérica de Valores do município, da área construída e da sua qualificação. A inexistência de um sistema de cadastro territorial confiável no município faz-se questionar qual a metodologia utilizada pelas prefeituras para mensurar as áreas dos imóveis para a cobrança do IPTU. Neste contexto, este trabalho visa obter-se uma comparação entre a área de um determinado imóvel cadastrada na prefeitura do município de Salvador com a área para este mesmo imóvel obtida a partir da medição com uso da trena pelo método da trilateração, um método de baixo custo e que pode ser utilizado em situações específicas a fim de baratear o custo do levantamento sem influir significativamente na qualidade dos dados obtidos.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a realização do trabalho foi escolhido um lote localizado na Rua Alfredo do Vale Cabra, número 7, no bairro da Santa Mônica. Os critérios utilizados para a escolha do lote foram a facilidade de acesso para realização das atividades de medições e a existência de documentos públicos que contem informações referentes a área do imóvel. No lote escolhido existe uma laje livre onde há a possibilidade de medir-se os seus lados do lote e as suas diagonais. Sendo assim, o procedimento aplicado para a mensuração da área do lote foi a medição dos lados e de duas diagonais. No entanto, em caso de haver um lote com construção de cômodos que impossibilitasse a medição direta dos lados e das diagonais do imóvel, poderia ser utilizado um método alternativo, sendo o comprimento dos lados obtidos pela soma dos comprimentos dos cômodos acrescidos da largura das paredes e os ângulos horizontais determinados pelo procedimento proposto por Limoeiro et al. (2012). Vale ressaltar que as características do relevo nas inviabilizam a aplicação do método. O cálculo da área utilizando os lados e as diagonais consiste na subdivisão do lote em dois triângulos e

no cálculo da área de cada triângulo pela fórmula do semi-perímetro (eq. 1). A área total do imóvel será igual a soma das áreas dos triângulos que o constituem.

$$a = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (01)$$

Onde p é o valor do semi-perímetro do triângulo, que é igual a soma dos seus lados dividido por dois, e a, b e c são os lados do triângulo. O método da corda consiste em obter o ângulo horizontal entre dois alinhamentos através duas distâncias, iguais ou diferentes (d1 e d2), sob os alinhamentos que contem o ângulo, e a distância entre esses pontos (D), conforme demonstrado na equação 02. Uma vez conhecidos dos os ângulos e medidos lados do imóvel área deste pode calculada de maneira análoga ao cálculo da área de uma poligonal fechada.

$$\theta = \arccos\left(\frac{d_1^2 + d_2^2 - D^2}{2d_1d_2}\right) \quad (02)$$

Para a realização das medidas realizadas neste trabalho foi utilizada apenas uma trena de fibra com comprimento de 30 m. O processamento dos dados foi realizado com o auxílio dos softwares Excel, Adjust e DEV C++, onde foi executada uma rotina na linguagem C++. O lote possui configuração retangular e para efetivação do trabalho o mesmo foi dividido em duas partes também retangulares com o objetivo de viabilizar a medição das diagonais. Foi utilizada a técnica de trilateração, com medição dos quatro lados e duas diagonais. Cada medida de distancia realizada foi repetida por três vezes com o objetivo de garantir maior confiabilidade ao valor medido e eliminar erros grosseiros, e todas as medidas foram realizadas na parte interna do imóvel. Foi realizada a medição da parte A do imóvel, correspondente a área da garagem localizada no térreo, e, posteriormente, foi da parte B do imóvel, correspondente a casa construída. A medição desta outra parte foi realizada sobre a laje do imóvel, no segundo andar. Este processo de divisão pode ser visto na figura 01.

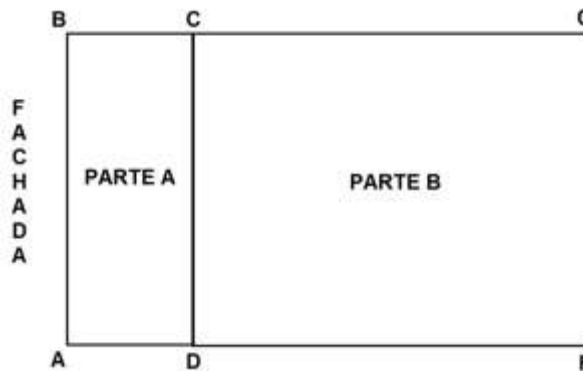


Figura 01 - Esquema representativo da divisão do imóvel e localização dos vértices.

Para os cálculos considerou-se que as projeções x e y dos pontos C' e D', localizados no segundo andar do imóvel, onde foram realizadas as medições da parte B, em um plano cartesiano bidimensional são coincidentes com as projeções dos os pontos C e D, localiza dos no térreo do imóvel. Sendo assim, foram utilizados os mesmos valores de distancias horizontais medidas e as a mesmas nomenclaturas, já que o cálculo de área de interesse neste trabalho está sendo realizado sob um plano bidimensional. Foram calculadas as médias dos valores das distancias medidas entre os vértices. Para o cálculo da área utilizando o valor da diagonal medida foi utilizado a fórmula de calculo de área de um triângulo pelo semi-perímetro e parte do imóvel foi dividida em dois triângulos, totalizando quatro triângulos. Utilizando a equação 01 foi calculada a área de cada um destes triângulos com base na média das distancias médias das medidas realizadas acrescidas de 0,30 m equivalentes às larguras dos muros. A soma destas áreas resultou na área total do imóvel. Foi realizado o calculo com o uso das primeiras diagonais medidas através da formação dos triângulos ABC, BAD, GDF e CDG e, de maneira análoga, foi realizado o calculo com uso das segundas diagonais medidas através da formação dos triângulos BCD, DAB, CDF e CFG. Também foi realizado um cálculo considerando todas as diagonais medidas, para este calculo foi utilizada a soma do valor da média das áreas encontradas

pelas duas diagonais que foram medidas para cada parte do imóvel. Foi também realizado o cálculo da área deste lote com base na poligonação ajustada pelo método dos mínimos quadrados. Para tal finalidade foi utilizada função *Oblique Triangles -> Three Sides* do software *Adjust*, que utiliza a lei dos cossenos, conforme equação 02, para calcular os ângulos internos de um triângulo qualquer em função das medidas dos seus lados. Neste cálculo dos ângulos internos foram utilizados os valores das médias das distancias medidas para encontrarem-se os valores dos ângulos internos dos triângulos contidos no imóvel que representem um angulo entre dois alinhamentos que definem os limites deste imóvel. Em seguida, com base nestes ângulos internos encontrados foram calculados os ângulos externos da poligonal que define o imóvel. Foi criado um sistema local para o cálculo da poligonal com origem no ponto A (10; 100) estabeleceu-se a coordenada do ponto B (21,779; 100) e o azimute da direção AB (90°). Os pontos A e B foram considerados como pontos de controle para o cálculo da poligonal. Foi criado um arquivo contendo as coordenadas dos pontos A e B, as coordenadas iniciais aproximadas para os demais pontos da poligonal (C, D, F e G), os ângulos externos da poligonal, as distancias horizontais medidas acrescentadas à 0,30 m referente as larguras dos muros e o azimute da direção AB. Estes dados foram processados com o auxilio do software *adjust*, através da função *Least Square Adjustment -> Horizontal Adjustment*, que realiza o ajustamento horizontal com base no método dos mínimos quadrados. Ao final, são fornecidas as coordenadas ajustadas de todos os vértices da poligonal (X e Y), assim como seus respectivos desvios (Sx e Sy) e os semi-eixos maior e menor das elipses de erro de cada vértice (Su e Sv). Com base nas coordenadas ajustadas fornecidas, foi realizado o cálculo da área do imóvel. Este calculo também foi realizado com o auxilio do software *Adjust*, através da função *Coordinate Computations -> Area*, que realiza o cálculo de área pelo método de Gauss.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo com o alvará de construção fornecido pela prefeitura de Salvador a área do imóvel é de 203 m², já de acordo com o carnê de IPTU fornecido por esta mesma prefeitura a área é de 282 m². Percebe-se que existe uma diferença de aproximadamente 80 m² entre estas áreas, que para fins de cadastro urbano e relacionando-se ao tamanho do imóvel é bastante significativa. A figura 02 a seguir mostra graficamente a diferença entre as áreas encontradas dos documentos da prefeitura e as áreas calculadas pelos métodos abordados neste trabalho.

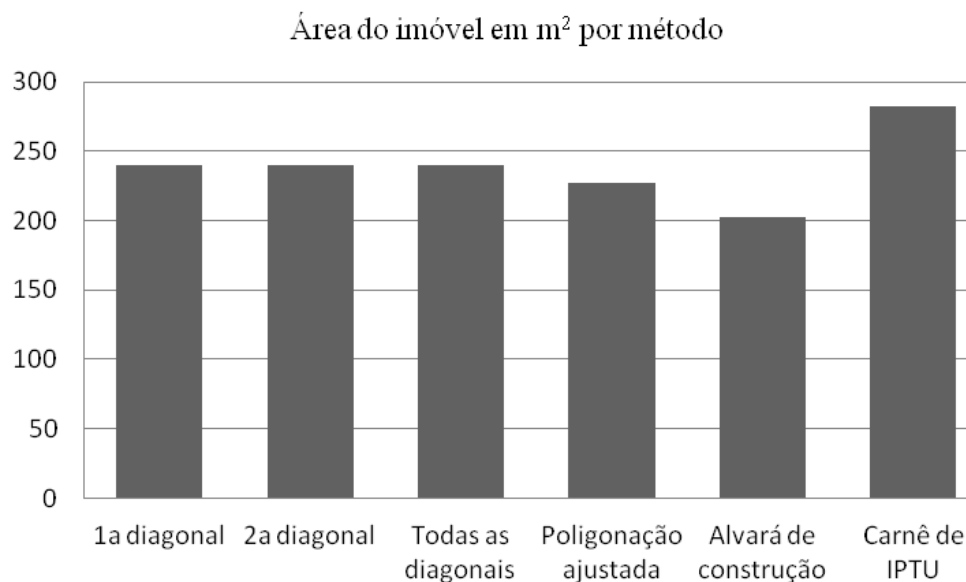


Figura 02 - Gráfico da área do imóvel de acordo com os diferentes métodos.

Ao analisar a figura 02 percebe-se que todas as áreas encontradas para este imóvel através dos métodos de cálculo abordados neste trabalho são aproximadamente 40 a 50 m² inferiores ao valor utilizado pela prefeitura como base para o cálculo de IPTU. Como a prefeitura não divulga qual a metodologia utilizada pelo órgão para determinar a área dos imóveis, paira-se uma dúvida sobre a confiabilidade destes valores. Principalmente ao constar que ao utilizar

dados de medição pro trilateração processados por diferentes métodos científicos utilizados para calculo de área, obteve-se valores próximos entre eles, porém, nenhum destes se aproximaram do valor determinado pela prefeitura. Neste último método, poligonação ajustada, tem-se também a determinação das incertezas de cada vértice do imóvel. Na tabela 01 são demonstradas as coordenadas de cada vértice calculadas por este método e suas respectivas elipses de erro (sendo S_x o semi-eixo maior e S_y o semi-eixo menor destas elipses). Na figura 02 é mostrada uma representação gráfica destes dados.

Tabela 1 – Coordenadas dos vértices e suas respectivas elipses de erro

| Vértice | X (m) | Y (m) | S_x (m) | S_y (m) |
|---------|--------|---------|-----------|-----------|
| A | 10,000 | 100,000 | 0 | 0 |
| B | 21,779 | 100,000 | 0 | 0 |
| C | 21,553 | 96,399 | 0,0043 | 0,0049 |
| D | 10,594 | 95,818 | 0,0044 | 0,0049 |
| G | 21,923 | 79,758 | 0,0145 | 0,0069 |
| F | 11,950 | 77,811 | 0,016 | 0,0061 |

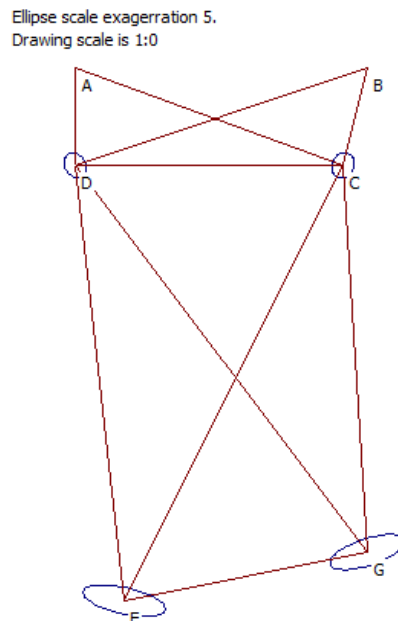


Figura 1 – Representação gráfica dos lote medido e das elipses de erro de cada vértice

Com base nas coordenadas e incertezas demonstradas na tabela 01, foram calculadas não somente a área do imóvel, mas também a incerteza associada à área encontrada, sendo encontrada uma área igual a 226,70 m² com incerteza de 0,16 m². A incerteza da área foi calculada a partir da propagação das covariâncias das coordenadas ajustadas, conforme modelo apresentado por Brandão (2003) e Carvalho (2015).

CONCLUSÕES: Embora as áreas calculadas pelo método do semi-perímetro e pelo método de poligonação ajustada pelo método dos mínimos quadrados tenham resultados em valores bem próximos, o grande diferencial da utilização do segundo método é que ele fornece a coordenada de cada vértice que define o limite do imóvel e, ainda, as incertezas posicionais do mesmo. Sendo assim, o método é mais adequado para fins de cadastro territorial urbano, pois permite a caracterização geométrica do imóvel e o conhecimento das incertezas associadas a esta.

REFERÊNCIAS:

BRANDÃO, A. C. **O princípio da vizinhança geodésica no levantamento cadastral de parcelas territoriais**. Tese de doutorado em Engenharia de Produção - UFSC, Florianópolis. 2003

CARVALHO, I.M. **Otimização da tolerância posicional dos vértices de um polígono tendo como critério a precisão da área superficial plana**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica - UFBA, Salvador. 2015.

CRUZ, R. C., BRANDÃO, A. C. **Ajustamento pelo método dos mínimos quadrados de medições cadastrais de parcelas urbanas**. In: Anais do CONEA2015 - XII Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura - Salvador-BA. 2015.

CRUZ, Raimundo Cezar. **Procedimentos para Medição Cadastral em áreas Urbanas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – UFBA, Salvador. 2010.

LIMOEIRO, M. A.; JESUS, T. A. ; BRANDÃO, A.C. **Incerteza do ângulo horizontal e do posicionamento 2d em poligonais pelo método da corda (poligonação à trena)**. Anais do VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju- SE. 2012.