



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

RAIMUNDO CEZAR CRUZ

PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO CADASTRAL EM ÁREAS URBANAS

Salvador
2010

RAIMUNDO CEZAR CRUZ

PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO CADASTRAL EM ÁREAS URBANAS

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, da Universidade Federal da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Artur Caldas Brandão

Salvador
2010

C957 Cruz, Raimundo Cezar
Procedimentos para medição cadastral em áreas urbanas /
Raimundo Cezar Cruz. – Salvador, 2010.
116f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Artur Caldas Brandão

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia.
Escola Politécnica, 2010.

1. Topografia. 2. Medição. 3. Cadastros. I. Brandão, Artur
Caldas. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD : 526.98

RAIMUNDO CEZAR CRUZ

PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO CADASTRAL EM ÁREAS URBANAS

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

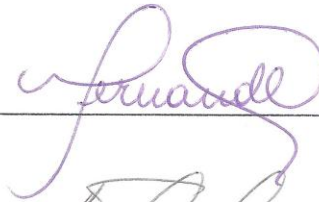
Salvador, 13 de dezembro de 2010

Banca Examinadora:

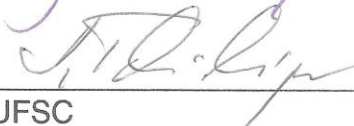
Prof. Dr. Artur Caldas Brandão
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Profa. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Jürgen Wilhelm Philips
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC



Ao meu Deus, que me proporcionou força para continuar lutando com muita fé, paz e dignidade para alcançar os objetivos.

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Artur Caldas Brandão por todo apoio, incentivo, orientação, estímulo e amizade, fundamentais para o desenvolvimento e conclusão do trabalho.

Ao LABGEO / DT, através da Coordenadora professora Vivian de Oliveira Fernandes.

À Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia e ao Departamento de Transporte, pelo apoio durante a realização do Curso e pela permissão concedida para realização de mais esta etapa da minha vida acadêmica e profissional.

Aos professores Juan Pedro Moreno, Vivian de Oliveira Fernandes, Sandro Lemos Machado, Wellington Correia de Figueiredo, Iara Brandão de Oliveira, Ilce Marília Dantas de Freitas, Viviana Maria Zanta, Roberto Bastos Guimarães e a todo Corpo Docente do MEAU e Funcionários.

A Minha Esposa Zélia Bina Cruz, aos meus filhos Aline Bina Cruz e Raimundo Cezar Cruz Júnior pela força colaboração e paciência.

A minhas Irmãs Antônia Regina Cruz Melo, pela orientação e Gislene Nunes Cruz, pela Força.

Enfim, aos meus pais Dr. Osvaldo João da Cruz (Farmacêutico) e Prof. Cremilda Nunes Cruz e à minha tia-mãe Damiana Maria do Espírito Santo, todos em memória, pela chance de existir.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para que os obstáculos fossem transpostos e os objetivos alcançados, o meu mais sincero muito obrigado!

RESUMO

Um sistema de Cadastro Territorial viabiliza a integração de dados sociais, econômicos, jurídicos, físicos e ambientais, que são fundamentais para a gestão de um território. No Brasil, constata-se a inexistência de normas para a medição cadastral das parcelas territorial nas áreas urbanas, inviabilizando assim uma adequada implementação de sistemas de Cadastro Territorial nos municípios. Nesta pesquisa foram propostas diretrizes para o aperfeiçoamento do modelo de Cadastro Territorial em áreas urbanas quanto ao aspecto geométrico, ou seja, relacionados à medição cadastral. Analisaram-se os procedimentos adotados em prefeituras municipais na elaboração da FCI – Ficha de Cadastro Imobiliário - quanto ao aspecto da medição, constatando-se serem inadequados. Avaliou-se a possibilidade do uso de vários métodos de medição cadastral - trilateração, poligonação, irradiação ou polar, e GNSS/GPS, bem como foi proposto um método aqui denominado “poligonação à trena”. Nesse método, a medição da parcela tem por base as medidas dos lados e dos ângulos entre alinhamentos, sendo estes calculados a partir de medidas lineares de um triângulo “encaixado” em cada vértices da poligonal que define a parcela. Constatou-se, a partir de um experimento prático de medição cadastral em uma parcela (imóvel), na cidade do Salvador, que o método da “poligonação à trena” pode ser usado desde que realizado o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados que possibilita a análise estatística da qualidade da medição. No experimento, os resultados encontrados nas diferenças dos cálculos das áreas das parcelas, ficaram menores que 5%, atendendo a tolerância métrica conforme preconiza o Código Civil Brasileiro. Esta pesquisa, portanto, apresentou contribuições para o estabelecimento normas e procedimentos para a medição cadastral, fundamental para a aplicação da Portaria 511/2009 do Ministério das Cidades, que estabeleceu diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário – CTM nos municípios brasileiros.

Palavras-chaves: cadastro territorial, medição cadastral, poligonação à trena

ABSTRACT

A Land Registry system enables the integration of social data, economic, legal, physical and environmental, that are essential for managing a territory. In Brazil, there is a lack of standards for the measurement of cadastral land parcels in urban areas, thus impeding a proper implementation of Land Registry systems in the municipalities. This research proposed guidelines to improve the model of Cadastre Land in urban areas on the geometric aspect, ie, related to cadastral measurement. We analyzed the procedures adopted in municipal governments in the development of the FCI - Registration Form Real Estate - on the aspect of measurement, finding themselves to be inadequate. We evaluated the possibility of using various methods of measuring cadastral - trilateration, traverse, irradiation or polar, and GNSS / GPS, and here was proposed a method called "traverse the tape." In this method, the measurement portion is based on measurements of the sides and angles between alignments, the latter being calculated from the linear measurements of a triangle "docked" in each defining vertices of the polygonal portion. We found that, from a practical experiment in measuring a cadastral parcel (property) in the city of Salvador, the method of "traverse the tape" may be used provided that the adjustment made by the least squares method that enables Statistical analysis of the quality of the measurement. In the experiment, the results of calculations in different areas of the parcels were less than 5%, given the tolerance measure as recommended by the Brazilian Civil Code. This research, therefore, presented contributions to establish standards and procedures for cadastral measurement, essential to the implementation of Decree 511/2009 of the Ministry of Cities, which established guidelines for the creation, establishment and updating of the Territorial Multipurpose Cadastre - CTM in the municipalities Brazilians.

Keywords: land registration, cadastral measurement, traverse the tape.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui de campo – método do alinhamento	29
Figura 2 - Determinação das coordenadas plano-retangulares do ponto “b” – método do alinhamento	30
Figura 3 – Croqui de campo - método ortogonal	31
Figura 4 – Croqui de medição - Método polar (irradiação)	32
Figura 5 – Aspectos do trabalho de campo – método polar (irradiação)	33
Figura 6 - Interseção dos lados	33
Figura 7 - Interseção dos ângulos	34
Figura 8 - Método de Pothenet	35
Figura 9 – Exemplo de trena de aço	36
Figura 10 - Trena a laser da Leica, série Disto™A5.	36
Figura 11 - Baliza de alinhamento	37
Figura 12 - Prisma pentagonal	37
Figura 13 - Prisma pentagonal duplo	38
Figura 14 - a) Prumo de cordão; b) prumo de bastão	38
Figura 15 - a) Teodolito ótico mecânico, b) teodolito eletrônico.	39
Figura 16 – Teodolito digital com distanciômetro acoplado (a) e estação total topográfica (b)	39
Figura 17 - Rede de 1ª ordem dos pontos da RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo	43
Figura 18 - Redes Estaduais GPS, são redes passivas resultado de diversos convênios	44
Figura 19 - Componentes do Arquivo Cadastral	46
Figura 20 - Procedimento de medição com trena	50
Figura 21 - Elementos de um triângulo qualquer	60
Figura 22 – Quadrilátero regular e paralelogramo	62
Figura 23 – Gleba A (Quadrilátero regular)	63
Figura 24 – Gleba B (Paralelogramo)	63
Figura 25 – Gleba C (Paralelogramo)	63
Figura 26 - Medição cadastral – quadrilátero irregular 1	64
Figura 27 – Medição cadastral – quadrilátero irregular 2	64
Figura 28 – Fachada do lote do estudo de caso 1	67

Figura 29 – Estudo de caso 1 - medição somente dos lados da parcela	67
Figura 30 – Estudo de caso 1 – medição por trilateração com uma diagonal	68
Figura 31 – Medição cadastral pelo método polar	70
Figura 32 – Estudo de caso 1 – medição por poligonação à trena e ângulos horizontais calculados	72
Figura 33 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 1 – poligonação à trena com ajustamento por MMQ	76
Figura 34 – Configuração geométrica da parcela do estudo de caso 2	77
Figura 35 – Trabalho de campo – medição com trena e rastreo GNSS – estudo de caso 2	77
Figura 36 – Configuração geométrica do método da trilateração – estudo de caso 2	79
Figura 37: Levantamento elaborado pelo método da Poligonação a trena – estudo de caso 2	81
Figura 38 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 2 – poligonação à trena com ajustamento por MMQ	84
Figura 39 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 2 – trilateração com ajustamento por MMQ	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de tolerância posicional do levantamento cadastral	41
Tabela 2 - Componentes de incerteza a serem considerados na calibração de trenas de fita metálica - Fonte: Rede metrológica RS	52
Tabela 3 - Incerteza na medição com trena	53
Tabela 4 - Caderneta de campo do levantamento polar	71
Tabela 5 - Coordenadas calculadas pelo método da irradiação	71
Tabela 6 - Coordenadas calculadas pelo método da poligonação à trena sem ajustamento	73
Tabela 7 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por poligonação à trena – estudo de caso 1	75
Tabela 8 – Medidas de distancias horizontais – método das distâncias somente – estudo de caso 2	78
Tabela 9 – Medidas de distancias horizontais – método da trilateração	79
Tabela 10 – Coordenadas GNSS do polígono do estudo de caso 2	80
Tabela 11 - Coordenadas método poligonação à trena do estudo de caso 2	82
Tabela 12 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por poligonação à trena – estudo de caso 2	83
Tabela 13 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por trilateração – estudo de caso 2	86
Tabela 14 – Áreas calculadas da parcela do estudo de caso 1 (valores em m ²)	88
Tabela 15 – Áreas calculadas da parcela do estudo de caso 2 (valores em m ²)	89

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Ficha de Cadastro Imobiliário (FCI) da SEFAZ/PMS	99
ANEXO B – Exemplo de registro da medição cadastral anexada à FCI da SEFAZ/PMS	101
ANEXO C – Contrato de venda e compra – estudo de caso 1	102
ANEXO D – Carnê do IPTU – estudo de caso 1	104
ANEXO E – Relatório do processamento GNSS dos pontos E40A e E41 da parcela do estudo de caso 1	105
ANEXO F – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 1 – poligonação à trena – aplicativo “Adjust”	107
ANEXO G – Relatório de Processamento GPS (Estudo de caso 2)	109
ANEXO H - Relatório de processamento - Poligonação a trena – Estudo de Caso 2 - (Software TopoEVN)	112
ANEXO I – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 2 – poligonação à trena – aplicativo “Adjust”	113
ANEXO J – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 2 – trilateração – aplicativo “Adjust”	115

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART: Anotação de Responsabilidade Técnica
CONCAR: Comissão Nacional de Cartografia
CONDER: Companhia de Desenvolvimento Urbano da Bahia
CONFEA: Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
CNIR: Cadastro Nacional de Imóveis Rurais
CTM: Cadastro Territorial Multifinalitário
GE: Géomètres-Expert Fonciers Européens
GIS: Geographic Information Systems / Sistemas de Informações Geográficas
GNSS: Global Navigation Satellite Systems
GPS: Global Positioning System
FCI: Ficha de cadastro imobiliário
FIG: International Federation of Surveyors
FMP: Fração Mínima de Parcelamento
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia
INCRA: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INFORMS: Sistemas de Informações Geográficas Urbanas do Estado da Bahia
IPTU: Imposto Predial e Territorial Urbano
IRIB: Instituto de Registro Imobiliário do Brasil
ITR: Imposto Territorial Rural
LIS: Land Information System / Sistema de Informações Territoriais
m: Erro médio quadrático
MDA: Ministério do Desenvolvimento Agrário
MEAU: Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana
MMQ: Método dos Mínimos Quadrados
MVC: Matriz Variância-Covariância
NBR: Norma Brasileira da ABNT
PMS: Prefeitura Municipal da Cidade do Salvador
PNCC: Programa Nacional de Capacitação das Cidades

SEIA: Sistema Estadual de Informações Ambientais

SICAD: Sistema de Informações Cadastral

SIC: Sistema de Informação Cartográfica

SCN: Sistema Cartográfico Nacional

SEFAZ: Secretaria da Fazenda / PMS

SIRGAS: Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas

SIRGAS 2000: Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas, iniciado no ano de 2000

SGB: Sistema Geodésico Brasileiro

SNCR: Sistema Nacional de Cadastro Rural

SRF: Secretaria da Receita Federal

UFBA: Universidade Federal da Bahia

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

UTM: Universal Transversa de Mercator

ZEIS: Zona Especial de Interesse Social

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Caracterização do problema	21
1.2.	Objetivos	22
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1.	Portaria 511/2009 – Ministério das Cidades – Cadastro Territorial Multifinalitário.....	23
2.2.	Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM)	26
2.3.	Métodos de medição cadastral	28
2.3.1.	Método de Alinhamento.....	29
2.3.2.	Método ortogonal.....	31
2.3.3.	Método polar (irradiação)	32
2.3.4.	Método da trilateração ou intersecção de lados	33
2.3.5.	Método da triangulação ou intersecção de direções	34
2.3.6.	Método de Pothnot ou Intersecção inversa.	35
2.4.	Instrumentos de Medição Cadastral.....	35
2.5.	Tolerância posicional	39
2.6.	Georreferenciamento ao Sistema Geodésico Brasileiro	41
2.7.	Memorial descritivo e representação gráfica.....	46
2.8.	Procedimentos de atualização da informação cartográfica.....	49
2.9.	Incerteza nas medições à trena	50
3.	MÉTODO APLICADO.....	54
3.1.	Análise do registro da medição cadastral na Ficha de Cadastro Imobiliário (FCI)	56
3.2.	Medição cadastral pelo método da trilateração.....	59
3.3.	Medição cadastral pelo método da poligonação à trena ou método da corda.	60
3.4.	Inconsistências na determinação da área superficial em parcelas com geometria irregular	61
3.5.	Ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados	64
4.	MEDIÇÃO CADASTRAL EM ÁREAS URBANAS – ESTUDOS DE CASOS	66
4.1.	Medição cadastral – estudo de caso 1	66
4.1.1.	Medição cadastral 1a – somente com distâncias dos lados.....	67
4.1.2.	Medição cadastral 1b – trilateração com distâncias dos lados e diagonais	68

4.1.3.	Medição cadastral 1c – método polar ou irradiação	69
4.1.4.	Medição cadastral 1d – Poligonação à trena sem ajustamento.....	71
4.1.5.	Medição cadastral 1e – Poligonação à trena com ajustamento pelo MMQ	73
4.2.	Medição cadastral – estudo de caso 2.....	76
4.2.1.	Medição cadastral 2a – somente com distâncias dos lados.....	77
4.2.2.	Medição cadastral 2b – Trilateração com distancias dos lados e diagonais sem ajustamento	78
4.2.3.	Medição cadastral 2c – posicionamento relativo GNSS	80
4.2.4.	Medição cadastral 2d – Poligonação à trena sem ajustamento.....	80
4.2.5.	Medição cadastral 2e – Poligonação à trena com ajustamento pelo MMQ	82
4.2.6.	Medição cadastral 2f – Trilateração com ajustamento pelo MMQ.....	84
4.3.	Análise dos resultados – estudos de casos 1 e 2	87
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	92
6.	REFERÊNCIAS	96

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a problemática de conflitos de limites territoriais e sobreposições de títulos de propriedade atravessa governos e a sua própria história. A legislação territorial, desde o Período Imperial, com a Lei 601/1850, apesar de ter concepções e objetivos claros de demarcação e registro das parcelas que compunham o patrimônio público e privado, não alcançou a eficiência desejada pelos administradores da época. A principal falha recaiu na falta de ligação entre os dados encontrados nos registros de títulos e os documentos cartográficos produzidos pelos profissionais.

Esta ocorrência propiciou a falta de correlação entre a posse efetiva do terreno e o direito adquirido expresso no Título de Propriedade. Esta situação, desconhecida pela grande maioria dos cidadãos brasileiros, perdura até os dias atuais, e constitui-se num entrave para o desenvolvimento do país por gerar conflitos e incertezas. Na visão de Erba (2007, p. 11) “o Cadastro Imobiliário paulatinamente vai ocupando o lugar de destaque que merece como fornecedor de dados sobre imóvel”.

Novas legislações baseadas em diferentes paradigmas criaram divergências quanto ao objeto do Cadastro Territorial, embora exista entre elas uma tendência para o consenso de considerar o Cadastro, dentro da estrutura administrativa, como uma necessidade e uma exigência atual para uma adequada gestão do território. Ainda concordando com Erba quando argumenta que:

O estabelecimento dos limites das propriedades imóveis leva à realização de trabalhos técnicos que devem estar de acordo com a forma de organização do patrimônio imobiliário do Estado e com as normas legais que a regulem. (2007, p. 11)

Em relação à definição de Cadastro e suas funções, ainda prescinde no mundo um consenso conceitual o que gera diferentes conotações, oriundas da legislação, da cultura, da história, e dos processos de ocupação do território em cada nação.

Mesmo etimologicamente, é difícil precisar o significado da palavra Cadastro e por esse motivo colocam-se as visões de diferentes autores.¹

Considerando um aspecto ocupacional, destaca-se a definição da Federação Internacional de Agrimensores (FIG), citada por Erba (2007), referindo-se ao valor do Cadastro, sob uma perspectiva internacional, ressaltando a sua importância como um sistema de informação territorial para o desenvolvimento social e econômico, bem como, de exemplificar os assuntos técnicos, organizativos e legais que necessitam ser contemplados para o seu estabelecimento e manutenção, além de descrever algumas das funções dos Agrimensores na direção e operacionalização de um cadastro.²

A definição da FIG é interessante por abranger informações relativas à Gestão e Administração Territorial aliada a observância de propostas importantes nestas políticas e além de preocupar-se com aspectos referentes ao apoio, ao crescimento populacional e à sustentabilidade.

Citamos, como importante na visão desse documento, um aspecto definido como requisito prévio e a sua função de:

Dar acesso efetivo à informação sobre a terra, como via essencial para identificar problemas e suas prioridades, formular e implementar políticas territoriais e planos estratégicos para resolver estes problemas, apoiar o planejamento territorial e as atividades de desenvolvimento; promover processos rentáveis de transação de terras em conexão com o desenvolvimento econômico; implementar um sistema equitativo e eficiente de impostos³

Verifica-se que, de uma maneira geral, o sistema cadastral brasileiro tende a incorporar, pelo menos em parte, as principais orientações da FIG – International Federation of Surveyors, quanto ao estabelecimento de sistemas cadastrais

¹ O termo grego - Catastichon = lista, agenda é o que mais se aproxima do entendimento generalizado da palavra Cadastro, existente no Brasil. O Dicionário Aurélio da língua portuguesa atribui a sua origem ao termo francês Cadastre, ou registro público dos bens imóveis de um determinado território, ou registro de bens privados de um determinado indivíduo. Já o Webster Third International Dictionary o define como um registro oficial da quantidade, valor e posse da propriedade imobiliária, usado para ratear taxas.

² Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/lanaRufino/MaterialDid%E1tico/Livro2.pdf>
Acesso: 01/11/2010.

³ Disponível em www.fig.net-In:
<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/lanaRufino/MaterialDid%E1tico/Livro2.pdf> Acesso: 01/11/2010

eficientes. No entanto essa é uma realidade ainda muito distante de ser alcançada pela maioria dos municípios brasileiros.

As recomendações da FIG foram apresentadas em 1994 no documento Declaração do CADASTRO 2014⁴ e aparecem como norteadoras das ações que devem direcionar os Cadastros territoriais. A Declaração do CADASTRO 2014 foi formulada com base nos seguintes aspectos: a) Estudar a reforma cadastral e os procedimentos aplicados nos países desenvolvidos; b) Considerar a informatização do cadastro e sua função como peça de um sistema mais amplo de informação territorial; c) Avaliar as tendências neste campo e oferecer uma visão de como serão os sistemas cadastrais durante os próximos 20 anos; d) Mostrar como se realizarão estas mudanças e descrever a tecnologia a ser empregada.

Dentre as prerrogativas da Declaração do CADASTRO 2014, constam as seguintes proposições

1. O cadastro deve apresentar a situação territorial legal de forma completa e atualizada, incluindo as restrições e conveniências públicas e privadas;
2. Deve haver uma integração entre o cadastro e o registro territorial;
3. A carta cadastral pura e simples deve ser substituída por sistemas de informações Geográfica ou territoriais;
4. O cadastro deve ser automatizado;
5. Deve envolver os setores público e privado;
6. Deve ser economicamente sustentável.

Nos países que compõem o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), à exceção do Brasil, e na maior parte dos que fazem parte do chamado “primeiro mundo”, o Cadastro Territorial é um registro público sistematizado dos bens imóveis de uma

⁴ A origem deste documento remonta ao Congresso da FIG – International Federation of Surveyors- de Melbourne, em 1994, durante o qual a Comissão 7 criou o Grupo de Trabalho 7.1. O resultado desta tarefa foi publicado em um manual intitulado **Cadastre 2014, a vision for a future cadastral System**⁷, apresentado no Congresso da FIG celebrado em Brighton, em 1998. A ênfase foi dada ao desenvolvimento dos sistemas cadastrais com base em seis afirmações (*statements*), que incluem a documentação das restrições e responsabilidades de direito público, maior cooperação entre o cadastro e o registro, mais trabalho com formatos digitais e modelagem de dados, maior cooperação entre os setores públicos e privados e melhor distribuição de custos dos sistemas cadastrais. (ERBA, 2007, p. 31)

jurisdição contemplada nos seus três aspectos fundamentais: o jurídico, o geométrico e o econômico. Entretanto, esta não é a realidade da maioria dos grandes e médios municípios brasileiros, incluindo Salvador. Observa-se que são municípios que se caracterizam pelo ritmo crescente de desenvolvimento, realizado, via de regra, de forma desordenada principalmente nas áreas mais próximas à periferia, onde existem muitas invasões de terras, proliferações de ocupações irregulares e comunidades de baixa renda, suscitando a necessidade de regularização dessas áreas. Esse ambiente reforça a evidência da necessidade de um Cadastro Territorial completo, atualizado, multifinalitário, integrado com registro público, ou seja, englobando os três aspectos que se relacionam à ocupação territorial: jurídico, geométrico e econômico.

A deficiência de informações fidedignas sobre sua própria realidade territorial é uma das características de um grande número de municípios brasileiros. Citando como exemplos o desconhecimento frequentemente observado nas prefeituras em que os executivos e legisladores municipais desconhecem as porções de seu território que são ocupadas ilegalmente por edificações, assim como é frequente, também, o desconhecimento das dimensões dos domicílios em comunidades ou dos loteamentos irregulares. A ausência de cadastros e mapeamentos confiáveis e atualizados constitui-se com frequência um obstáculo para a implementação de uma política fiscal mais eficiente e ao planejamento urbano adequado.

A capacitação de pessoas para a prática, gestão e aperfeiçoamento de cadastros territoriais é, ao lado da capacitação para a elaboração de planos diretores participativos, uma das prioridades do Programa Nacional de Capacitação das Cidades (PNCC), que tem como um dos objetivos principais, qual seja, capacitar agentes públicos e sociais para a prática da política nacional de desenvolvimento urbano e desenvolver ações de apoio ao setor público municipal e estadual. Por meio do PNCC, o Ministério das Cidades promove, coordena e apóia programas de desenvolvimento institucional e de capacitação técnica.

A Universidade Federal da Bahia (UFBA) participa desse programa, PROEXT/MEC/CIDADES⁵, desde 2008, capacitando técnicos municipais no estado da Bahia, no uso de ferramentas de geoprocessamento na gestão municipal. A partir de 2010, esse programa foi ampliado com a capacitação na temática: Cadastro Territorial Multifinalitário.

No Brasil, o Cadastro das ocupações territoriais de domínio privado, nas áreas rurais, é realizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária e Receita Federal do Brasil (INCRA/RFB); e nas áreas urbanas a responsabilidade é da prefeitura municipal. O Cadastro dos bens imóveis da União é de responsabilidade da Secretaria do Patrimônio da União (SPU). O Cadastro das terras devolutas dos Estados da Federação, bem como os de domínio privado ainda não registradas, é de responsabilidade dos órgãos Estaduais de Terras, geralmente ligado a Secretária de Agricultura de cada Estado, sendo, na Bahia, de competência da Coordenação do Desenvolvimento Agrário (CDA).

Nos últimos anos, importantes avanços vêm ocorrendo na estruturação, operação e atualização do Cadastro Territorial no Brasil, a exemplo da aprovação de dois instrumentos legais: a Lei nº 10.267/2001, que criou o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), e a Portaria nº 511/2009, do Ministério das Cidades, que estabeleceu diretrizes para a criação, instituição e atualização do CTM nos municípios brasileiros, com foco nas áreas urbanas.

Considerando a necessidade de aperfeiçoar o procedimento de medição cadastral em áreas urbanas, realizado por prefeituras municipais, esta pesquisa investigou a possibilidade do uso de um método de levantamento topográfico planimétrico somente com medidas de distâncias, conhecido como Método da Corda (Hasenack, 2000), e neste trabalho denominado de “poligonação à trena”. Nesse método, os ângulos horizontais entre alinhamentos são calculados a partir de medidas lineares, com trena, decompondo o polígono em triângulos, ou medindo os lados de um pequeno triângulo “encaixado” nos vértices das parcelas (lotes).

⁵ PROEXT/MC/CIDADES – Programa Nacional de Capacitação das Cidades-Ministérios das Cidades.

Esse método, sendo aplicado nas prefeituras municipais possibilita a abertura de uma ampla frente de serviço, em função do baixo custo dos instrumentos utilizados – trena e balizas. A confiabilidade do procedimento foi investigada a partir da avaliação da qualidade estatística realizada por meio do ajustamento da medição pelo método dos mínimos quadrados. No entanto, há necessidade de georreferenciar pelo menos dois pontos da quadra onde esteja inserida a parcela (lote) a ser medida, o que pode ser realizada por métodos de levantamentos topográficos e geodésicos convencionais, usando estação total topográfica ou mesmo o rastreamento relativo GNSS/GPS.

1.1. Caracterização do problema

Tomando como exemplo o que acontece na maioria das cidades brasileiras na execução do Cadastro dos imóveis urbanos, a Prefeitura de Salvador utiliza a Ficha de Cadastro Imobiliário (FCI), documento técnico básico da Secretaria da Fazenda (SEFAZ/PMS) para elaboração do processo de regularização do imóvel, e também com a finalidade da taxaação sobre o uso da terra por meio da cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

Atualmente a FCI da SEFAZ/PMS⁶ (Anexo A) já possui mais de 300 itens para serem preenchidos, com a finalidade de caracterizar o imóvel em estudo, mas, ainda assim não possibilita um adequado registro geométrico da ocupação territorial. Na FCI avaliada (ver item 3.1), o tópico “Medição das Parcelas” não atende as especificações técnicas, por completo, por haver um evidente equívoco no processo de medição da mesma.

Observa-se que, quando se mede apenas o perímetro das parcelas, encontram-se dados insuficientes para a descrição geométrica na confecção da planta e, conseqüentemente, no tamanho da área do terreno ou área construída. Medindo-se apenas os lados da parcela (frente, fundo, lado direito, lado esquerdo), como consta na FCI, induz-se ao erro de considerar que todos os imóveis de uma cidade possuem forma geométrica de um quadrilátero regular com lados adjacentes

⁶ SEFAZ – Secretaria Municipal da Fazenda-<http://www.sefaz.salvador.ba.gov.br>

ortogonais, o que normalmente não ocorre, resultando na certeza de que as áreas das parcelas calculadas, a partir dos dados das FCI's, normalmente não correspondem à realidade.

Nesta pesquisa foram discutidos os procedimentos para medição cadastral em áreas urbanas. De forma específica, foi avaliado o modelo padrão de medição cadastral adotado por prefeituras municipais brasileiras, tomando-se como base o método utilizado pela Prefeitura Municipal de Salvador (PMS). Foram apresentadas diretrizes para o aperfeiçoamento desse modelo.

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa consiste em propor diretrizes para o aperfeiçoamento do modelo de Cadastro Territorial em áreas urbanas quanto à caracterização geométrica da parcela, avaliando a qualidade da medição cadastral e da possibilidade do uso pelas prefeituras municipais dos métodos da trilateração e do aqui denominado de “poligonação à trena”. Nesses métodos a medição cadastral é realizada somente com medidas lineares, com trena. Na “poligonação à trena” os ângulos horizontais entre alinhamentos são calculados a partir de medidas lineares de um triângulo “encaixado” em cada vértice da poligonal que define a parcela.

De forma específica, pretende-se nessa pesquisa:

- a) Avaliar a qualidade posicional dos métodos de medição cadastral investigados, a trilateração e a “poligonação à trena”, a partir de um experimento prático e realizando o ajustamento das observações pelo método dos mínimos quadrados.
- b) Comparar os diferentes métodos de medição cadastral de parcelas em áreas urbanas – posicionamento GNSS/GPS, polar, trilateração, poligonação à trena.
- c) Analisar os procedimentos adotados pela SEFAZ/PMS na elaboração da FCI, notadamente quanto ao aspecto da medição.
- d) Propor diretrizes para o aperfeiçoamento da medição cadastral em áreas urbanas, incluindo melhoramentos da FCI.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O embasamento conceitual necessário para o desenvolvimento desta pesquisa pautou-se nos seguintes aspectos abordados neste capítulo: cadastro territorial multifinalitário, métodos de medição cadastral; georreferenciamento ao sistema geodésico brasileiro; incerteza posicional para o cadastro, atualização do cadastro, aspectos da gestão do sistema cadastral, entre outros.

2.1. Portaria 511/2009 – Ministério das Cidades – Cadastro Territorial Multifinalitário

Para atender as demandas cadastrais, notadamente no meio urbano, oriundas de necessidades identificadas na gestão do território – incluindo exigências legais, como por exemplo, o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257/01) – o Ministério das Cidades do Brasil criou um Grupo de Trabalho (GT) em Cadastro com a finalidade de propor diretrizes para o Cadastro Territorial a ser implantado nos municípios brasileiros, incluindo as áreas urbanas. Como resultado desse GT foi publicada a Portaria nº 511 de 7 de dezembro de 2009⁷ do Ministério das Cidades com diretrizes para a criação, instituição e atualização do CTM nos municípios brasileiros. Essa Portaria estabelece importante avanço para a implantação do Cadastro no Brasil, notadamente no aspecto conceitual:

Art. 1º O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), quando adotado pelos Municípios brasileiros, será o inventário territorial oficial e sistemático do município e estará embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca.

Art. 2º A parcela cadastral é a menor unidade do cadastro definido como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único.⁸

O Cadastro Territorial Multifinalitário, quando implantado adequadamente, pode aperfeiçoar a gestão dos municípios:

As informações sistematizadas e integradas proporcionadas pelo CTM colaboram na gestão socioambiental das cidades, na

⁷ Diário Oficial da União Nº234. Oito de dez. de 2009, seção1, terça-feira, p. 75.

⁸ Idem.

conformação do direito urbanístico e desenvolvimento sustentável dos Municípios, favorecendo a aplicação dos instrumentos previstos no Estatuto da Cidade ZEIS: solo criado, direito de superfície, usucapião especial urbana, uso da terra urbana, etc, viabilizando uma sociedade livre, justa e solidária, maior justiça social e fiscal, e a correta arrecadação dos tributos locais, garantindo a igualdade na tributação.⁽⁹⁾

A Portaria 511/2009 estabelece diretrizes para a implantação do CTM nos municípios brasileiros, enfocando questões técnicas e gerenciais relacionadas à cartografia cadastral, à multifinalidade, à gestão e financiamento do cadastro e a avaliação de imóveis.

No CAPÍTULO III - DA CARTOGRAFIA CADASTRAL, Art. 12 orienta que o CTM utilizará o sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM) até que seja definida uma projeção específica, considerando que mesmo nas áreas municipais de pequenas dimensões o Datum deve ser aplicado e as implicações da projeção cartográfica adotada devem ser avaliadas.

O CAPÍTULO IV – DA GESTÃO E DO FINANCIAMENTO DO CADASTRO, em seu o Art. 16, estabelece que a gestão do CTM é de responsabilidade e da competência do Município, e sugere a este construir uma equipe técnica local devidamente capacitada, de preferência do quadro permanente, a fim de manter a integridade, atualização e continuidade na gestão do CTM. Entretanto não indica a qualificação do profissional vinculado ao CONFEA/CREA, que seria responsável pelos serviços Topográficos, Geodésicos e Cartográficos, necessários para a elaboração do CTM.

Considerando as sugestões e orientações da Portaria nº 511/2009 verifica-se que o sucesso de um sistema cadastral depende não só dos procedimentos técnicos, mas também da qualidade da sua gestão, bem como, da disponibilidade de ferramentas de apoio em processos de tomada de decisão. A correta administração desses fatores vem auxiliando cada vez mais as administrações públicas na resolução de problemas urbanos.

⁹ ZEIS: Zona Especial de Interesse Social

O sucesso de um Sistema de Informações Territoriais está ligado à qualidade de suas partes integrantes, particularmente, do Cadastro Territorial, com especial atenção aos principais aspectos representados pela equipe técnica, uso multifinalitário, legislação, capacitação, intercâmbios e parcerias institucionais, dentre outros. Por todos esses ensejos, considera-se que a Portaria 511/2009 do Ministério das Cidades apresenta importantes avanços quanto à gestão do Cadastro. Isso deve fomentar novas iniciativas, bem como consolidar aquelas já iniciadas.

A legislação consolida os instrumentos que formam um conjunto institucional, consultivo e normativo fundamental para deslanchar uma consistente política executiva de cadastro urbano. No Brasil, essa legislação carece de aperfeiçoamento, mas encontra respaldo para implantar sistemas cartográficos e cadastrais embasados nos artigos 21 e 22 da Constituição da República Federativa do Brasil, que rege as diretrizes básicas da Comissão Nacional de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (CONCAR/IBGE).¹⁰

No âmbito do Estado da Bahia, importantes medidas foram implementadas pela Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos (SEI), pela Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER), e pela Prefeitura Municipal da Cidade do Salvador que implantou o Sistema Cartográfico e Cadastral (PMS/SICAD). Destacam-se o Decreto-Lei Estadual nº 7870 de 08/11/2000, e o Decreto Municipal PMS/SICAD, no sentido de atender ao objetivo da Norma Brasileira (NBR) 14166/1998, com o propósito de referenciar todos os serviços topográficos de demarcação de anteprojetos, de projetos de implantação e acompanhamento de obras em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários, constituindo-se o maior desafio criar mecanismos para colocar em

¹⁰ Disponível em: <http://www.concar.ibge.gov.br/detalheNoticias.aspx?cod=28> .Acesso:30/10/2010. COMISIÓN NACIONAL DE CARTOGRAFIA: La Coordinación es colegiada y está compuesta según lo dispone el Decreto Ley 243 del 28 de febrero de 1967, confirmada y ampliada por el Decreto del 21 de junio de 1994. Este último Decreto organiza el **Sistema Cartográfico Nacional**, en los artículos 21 y 22 de la Constitución de la República Federativa do Brasil, de 1988. La administración está a cargo del Ministerio de Planificación y Presupuesto (Medida Provisoria n. 1.498-19 del 9 de julio de 1996).

prática tais dispositivos normativos.¹¹

2.2. Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM)

O sistema cadastral brasileiro experimenta, nas áreas urbanas, a necessidade de aprimoramento do seu cadastro territorial, e, para isso, faz-se necessária a criação do CTM como instrumento de apoio às ações municipais, por meio de integração de informações territoriais, sociais, econômicas, jurídicas, ambientais, dentre outras. A gestão plena do território deve ser exercida por meio do CTM, como o instrumento adequado para aferir com a máxima precisão o planejamento, parcelamento e ocupação do solo, evitando, por exemplo, a subutilização dos imóveis ou sua especulação. A elaboração de diretrizes nacionais para um CTM gera benefícios para todos os municípios brasileiros, alinhando conceitos sobre o tema e orientando o desenvolvimento e a aplicação do cadastro.

O CTM, com suporte em diretrizes nacionais, também possibilita o conhecimento da realidade e os limites definidos pela expansão urbana e rural dos municípios, e estabelece orientações para a permanente atualização dos dados, garantindo a autonomia, transparência e eficiência da administração pública em relação à comunidade. Priorizando o atendimento de suas demandas, constitui-se em um instrumento consistente, atualizado e eficiente, indispensável, tanto para a gestão ambiental quanto ao planejamento urbano – onde a gestão ambiental pressupõe o mais amplo conhecimento dos espaços a serem gerenciados, visando principalmente o acompanhamento da dinâmica urbana nos processos de transformação em menor escala e a implementação de ações de manejo ambiental.

Segundo Loch (1993), o CTM adquire uma maior importância no planejamento dos municípios, uma vez que este deve ser fundamentado numa base cartográfica compatível com o detalhamento exigido pelas escalas dos mapas temáticos, tornando-se o “input” básico para qualquer informação georreferenciada que o município precise.

¹¹ Disponível em: <http://www.topografia.ufsc.br/NBR%2014166.pdf>. Acesso:02/11/2010

O CTM possibilita aos órgãos oficiais um perfeito conhecimento da realidade em que atuam, dentre suas varias utilizações, destacam-se:

- a) A elaboração da planta cadastral municipal, em escala de detalhe, 1:1000 ou maior, tendo como finalidade principal os estudos sobre alinhamento, nivelamento e emplacamento de edificações, e de base aos cadastros de infra estrutura urbana (água, esgoto, drenagem, pavimentação, força de luz, telefone, gás e outros), apoiando ainda a construção das plantas de quadras do Cadastro Imobiliário Fiscal, dentre outras;
- b) A formação de uma base de informações necessárias à constatação e inventário das propriedades públicas;
- c) Possibilita uma política de justa tributação;
- d) Possibilita uma política de regularização fundiária;
- e) Permite o conhecimento e administração dos recursos ambientais.

Como exemplo de um cadastro territorial em prefeitura municipal, analisou-se o caso da Prefeitura Municipal de Indaiatuba-SP, cuja metodologia de execução pode ser realizada por outras prefeituras. O setor responsável por esse cadastro é a Secretária Municipal do Planejamento Urbano e Engenharia. O cadastro outrora realizado manualmente através de fichas para emissão do IPTU foi substituído por um sistema informatizado, com incorporação de novos dados de medições das parcelas e da digitalização dos documentos analógicos do antigo cadastro.

Os trabalhos desse novo cadastro de Indaiatuba foram iniciados no ano de 1997, sob o comando do Departamento de Cadastro Imobiliário, quando 50 funcionários temporários executaram levantamentos individuais de terrenos e prédios do município, com todas as metragens existentes no local. Até então, os lançamentos do IPTU eram realizados com base em fichas de cadastro que existiam na época.

Após o recolhimento das informações, os dados foram inseridos num sistema de informações, o IMA - Informática dos Municípios Associados da Prefeitura de Campinas. Numa fase anterior, em 1985, as antigas fichas foram substituídas pelas Fichas Cadastrais de Quadras, que possuíam informações referentes às metragens e classificação de detalhes de cada imóvel e as características colhidas em função

da visita. Observa-se que esta ação promoveu a valorização no valor venal do imóvel, em função dos pontos adquiridos a partir do cadastro atualizado.

O trabalho prosseguiu e em 2009 já havia sido digitalizado todo o desenho de prédios e terrenos de cada imóvel, terminando todo o processo em maio de 2010. O número de imóveis cadastrados e atualizados foi de aproximadamente 97 mil. Esse trabalho contou com a colaboração de 20 estudantes da Fundação Indaiatubana de Educação e Cultura (FIEC) por um ano. Foram utilizados métodos de geoprocessamento, processamento de imagens de satélite, e construção de banco de dados de endereços e coordenadas. O novo cadastro gerou uma receita de 2,5 milhões na arrecadação do IPTU em Indaiatuba-SP.

Segundo o Secretário Sandro de Almeida Lopes Coral, os estudantes foram responsáveis pela coleta de informações nas residências, e pela digitalização das fichas. Três desses estudantes foram contratados pela prefeitura para dar continuidade ao trabalho de digitalização dos desenhos das quadras e o croqui dos imóveis, pois antes não existiam ferramentas para a sua execução.

2.3. Métodos de medição cadastral

Dentre os métodos de medições topográficas clássicas, aplicadas ao cadastro em áreas urbanas, encontram-se: método de alinhamento, método ortogonal, método polar (irradiação), método das coordenadas oblíquas, método bipolar linear ou interseção dos lados (trilateração), método bipolar angular ou interseção de direções (triangulação), método Pothenet. Um detalhamento conceitual desses métodos de medição foi apresentado por Hasenak (2000).

Atualmente, em condições favoráveis, também são usados na medição cadastral os métodos de posicionamento por satélites GNSS: Global Navigation Satellite Systems / GPS: Global Positioning System (GNSS/GPS). Normalmente, num projeto de medição cadastral, adotam-se uma composição de métodos, em função das características específicas, e considerando a relação custo/benefício. De uma maneira geral, no cadastro em áreas urbanas, a tecnologia GNSS/GPS é usada no modo relativo para a medição da rede de referência. Para os pontos de detalhes do cadastro, ou seja, os limites das parcelas territoriais utilizam-se os métodos clássicos

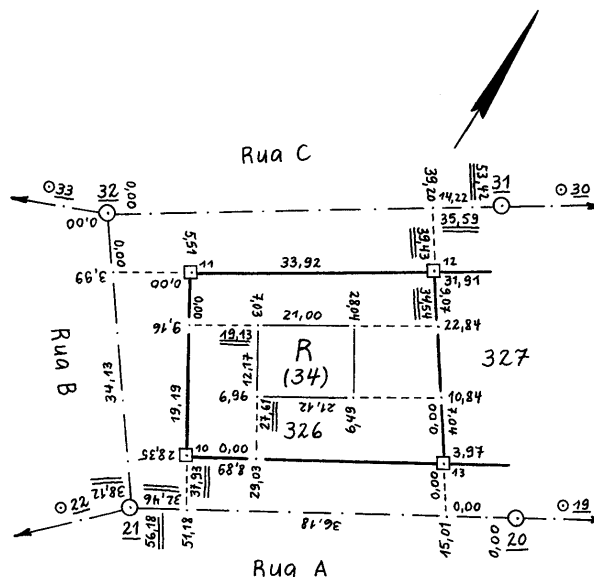
aqui apresentados. Hasenack (2000) apresenta os principais métodos clássicos de medição topográfica aplicada ao cadastro.

2.3.1. Método de Alinhamento

Método clássico de medição cadastral usando somente trena e balizas. Todas as medidas correspondem aos comprimentos tomados com relação às linhas definidas pela rede de referência do levantamento (Figura 1). Este método é empregado principalmente em superfícies geométricas regulares.

A expressão “método de alinhamento” é usada para indicar que a posição dos objetos é determinada pela extensão de seus elementos retos (parede de edificação ou linha limite de propriedade), até haver a interseção com as “linhas de medidas”. Linha de medida é uma linha qualquer ou um alinhamento, sobre o qual se efetuam medições. Essa linha contém pontos e poderá conter também segmentos de retas pertencentes a uma parede, um muro, um limite de propriedade.

Figura 1 - Croqui de campo – método do alinhamento

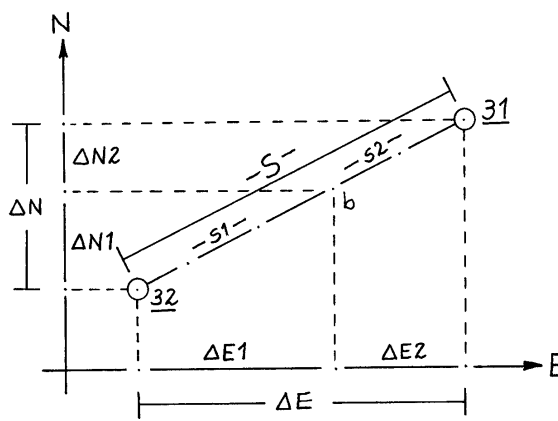


Fonte: Hasenac, 2000

O método de alinhamento permite a determinação da posição dos pontos limites de propriedade, com relação aos pontos da rede de referência do levantamento. Isso

significa dizer que sua aplicação depende da existência da rede de referência, o que nem sempre ocorre nos municípios brasileiros. Os instrumentos de medida utilizados para o método de alinhamento são compostos basicamente de trenas métricas, trena a laser e balizas de alinhamento. Para calcular as coordenadas de um ponto pelo método dos alinhamentos, deve-se atender ao princípio da vizinhança da medição. Os elementos de medição do método do alinhamento são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Determinação das coordenadas plano-retangulares do ponto “b” – método do alinhamento



Fonte: Hasenack, 2000

S : distância calculada entre os dois pontos de referência

s : distância medida entre os dois pontos de referência

E as coordenadas do ponto “b” são então calculadas pelas expressões:

$$Eb = E_{32} + \frac{\Delta E \cdot s1}{S}$$

$$Nb = N_{32} + \frac{\Delta N \cdot s1}{S}$$

O cálculo das coordenadas pode ser verificado da seguinte forma:

$$E_{31} = Eb + \Delta E \cdot s2$$

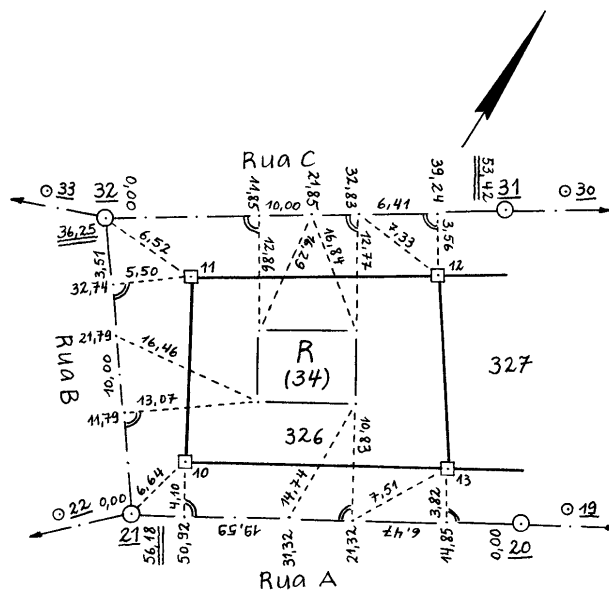
$$N_{31} = Nb + \Delta N \cdot s2$$

2.3.2. Método ortogonal

O método ortogonal consiste em tomar uma linha base (linha de referência de medição) como eixo das abscissas. Sobre esta linha, traçam-se perpendiculares a partir dos pontos a serem medidos (limites de propriedade, limites de edificações) e medem-se os comprimentos, obtendo-se desta forma as ordenadas. As abscissas são as distâncias compreendidas entre o início da linha base e os pontos das perpendiculares.

A Figura 3 mostra um croqui de medição cadastral pelo método ortogonal. Observa-se a similaridade com o método do alinhamento, com a diferença de ser possível posicionar pontos afastados dos alinhamentos de referencia, desde que medidos os respectivos afastamentos ortogonalmente. Verifica-se também a necessidade de realizar medidas de controle.

Figura 3 – croqui de campo - método ortogonal



Fonte: Hasenack, 2000

O método ortogonal deve ser usado principalmente em levantamentos urbanos onde existe um grande número de pontos a medir ao longo das linhas de referência de medição ou de linhas auxiliares de medição. Os resultados das medições são registrados em um croqui de campo, durante as medições (Figura 3).

Os instrumentos de medida que são usados para este método são os mesmos utilizados para o método do alinhamento, acrescidos de um instrumento denominado esquadro de prisma. O esquadro de prisma ou de reflexão é usado para se realizar a ortogonalidade do alinhamento do ponto a ser medido com os alinhamentos de referencia. O cálculo das coordenadas de um ponto (j) pelo método ortogonal é realizado com segue:

$$\sigma = \frac{\Delta x}{S}$$

$$\alpha = \frac{\Delta y}{S}$$

$$x_i = x_1 + \sigma * s_i$$

$$y_i = y_1 + \alpha * s_i$$

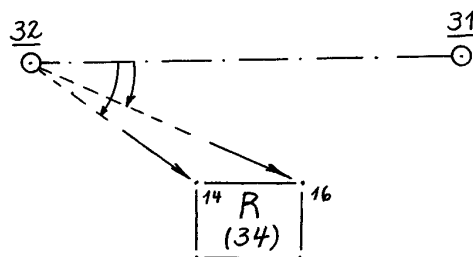
$$x_j = x_1 + \sigma * s_j + \alpha * u_j$$

$$y_j = y_1 + \alpha * s_j - \sigma * u_j$$

2.3.3. Método polar (irradiação)

O método polar consiste na medição da direção e da distância de cada novo ponto a partir de uma estação conhecida (polo). Desta forma, conhecendo-se as coordenadas plano-retangulares da estação e tomando-se uma direção como referência, medem-se os vetores a cada ponto de interesse fazendo-se o registro das coordenadas polares. O método é mostrado na Figura 4, onde o ponto de levantamento “32” é a estação conhecida, “32-31” a direção de referência, também chamada “direção de orientação” e, “14” e “16” os novos pontos medidos.

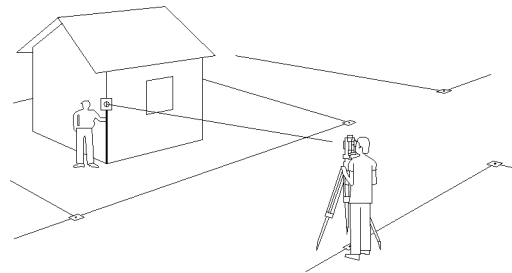
Figura 4 – Croqui de medição - Método polar (irradiação)



Fonte: Hasenack, 2000.

As distâncias no método polar (Figura 5), hoje em dia são medidas, geralmente, com distanciômetros eletrônicos, com os quais há relativamente pouca interferência com o tráfego da cidade. A vantagem deste método com relação aos demais consiste principalmente em que, de uma só estação é possível levantar os pontos de interesse. Esta superioridade destaca-se, sobretudo em terrenos acidentados nos quais as medições com este método são muito mais rápidas e precisas.

Figura 5 – Aspectos do trabalho de campo – método polar (irradiação)

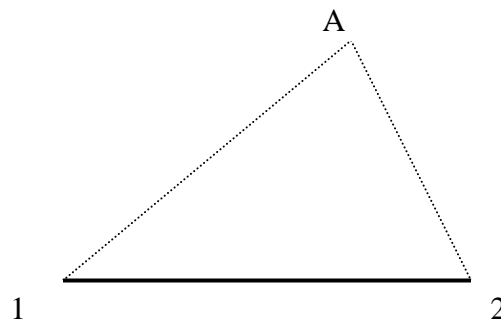


Fonte: Hasenack, 2000.

2.3.4. Método da trilateração ou interseção de lados

Consideram-se dois pontos 1 e 2 (Figura 6), cuja distância seja conhecida. A partir deles medem-se as distâncias ao ponto A que será determinada sua posição.

Figura 6 - Interseção dos lados



Fonte: Cardão, 1977

Esse método apresenta a vantagem na operação de campo, com medição só de distâncias. É um método de medição cadastral caracterizado pela simplicidade do procedimento de campo.

Caso seja conhecida as posições dos pontos 1 e 2, calcula-se a posição de A:

$$\begin{aligned} Y_A &= Y_1 + \left(\frac{Y_2 - Y_1}{12}\right)p_A - \left(\frac{X_2 - X_1}{12}\right)h_A \\ &= Y_2 - \left(\frac{Y_2 - Y_1}{12}\right)q_A - \left(\frac{X_2 - X_1}{12}\right)h_A, \\ X_A &= X_1 + \left(\frac{X_2 - X_1}{12}\right)p_A - \left(\frac{Y_2 - Y_1}{12}\right)h_A \\ &= Y_2 - \left(\frac{X_2 - X_1}{12}\right)q_A - \left(\frac{Y_2 - Y_1}{12}\right)h_A, \end{aligned}$$

donde

$$p_A = \frac{12^2 + 1A^2 - 2A^2}{2 \times 12}, \quad q_A = \frac{12^2 + 2A^2 - 1A^2}{2 \times 12}$$

e

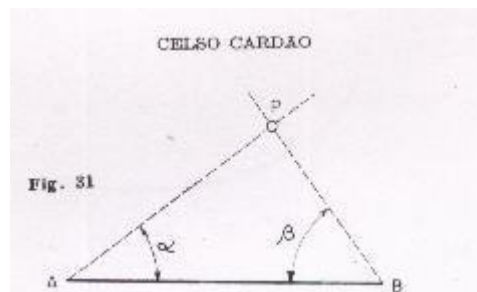
$$h_A = \frac{1}{2 \times 12} \times \sqrt{12^2(1A^2 + 2A^2 - 12^2) + 1A^2(12^2 + 2A^2 - 1A^2) + 2A^2(12^2 + 1A^2 - 2A^2)}$$

Fonte: Blachut, T.J., 1979, p249 e 250.

2.3.5. Método da triangulação ou intersecção de direções

Como no caso anterior tomam-se inicialmente dois pontos A e B, cuja distância é conhecida. Determinando-se a partir deles os ângulos formados pela direção AB, com as direções AP e BP, determina-se o ponto P. É um processo muito usado quando por qualquer circunstância, não se pode medir a distância AP (Figura 7).

Figura 7 - Intersecção dos ângulos

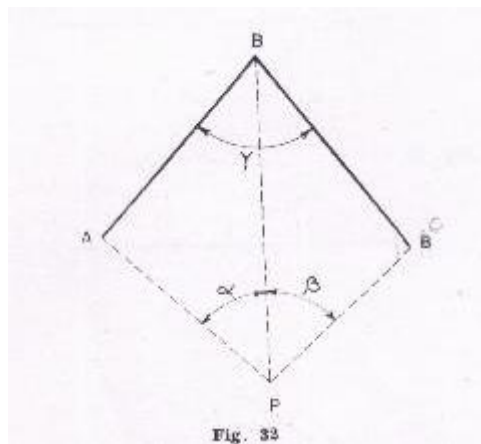


Fonte: Cardão, 1977

2.3.6. Método de Pothenot ou Interseção inversa.

A característica desse método é que a visada é feita do ponto que se quer determinar. Fixam-se 3 pontos no terreno, A, B, C. Conhecidas as distâncias entre esses pontos e o ângulo “ γ ” das direções AB e BC, mede-se, tomando P para vértice, os ângulos “ α ” e “ β ”, suficientes para localizar graficamente ou analiticamente o ponto P (Figura 8).

Figura 8 - Método de Pothenot



Fonte: Celso Cardão, 1977

2.4. Instrumentos de Medição Cadastral

Segue uma descrição básica dos principais instrumentos de medição cadastral.

A **trena** é o principal instrumento utilizado para efetuar medição linear de forma direta. São vários os tipos e modelos disponíveis no mercado.

- a) Trena de fibra de vidro – feita de material sintético, graduada de metro em metro, e submúltiplos, também podendo ser graduada em polegadas.
- b) Trena de aço – feita de fita metálica, graduada em metro, e seus submúltiplos, tendo como características a sua confecção em aço.
- c) Fita de invar – feita de uma liga metálica com baixo índice de dilatação.

d) Cadeia do Agrimensor – Fita de fibra de vidro, graduada de metro em metro e seus submúltiplos, com alça nos extremos, para utilização de medições lineares, foi muito utilizada até a década de 1980.

e) Corrente do Agrimensor – Corrente de ferro, com formato linear, tendo nos extremos, o formato de um círculo, que é engatado na outra peça, e assim sucessivamente, sendo nas estremas colocada uma alça para esticar, muito utilizada até a década de 1960.

Figura 9 – Exemplo de trena de aço.



Fonte: DCP

A partir da década de 1990 surgiu no mercado a “**Trena Laser**”, instrumento para efetuar medições lineares, com a tecnologia de precisão e com utilização de onda eletromagnética, sem a necessidade de utilização de prisma refletor. Pelas características, a “trena laser” deve ser classificada como um instrumento de medição eletrônica de distância (MED). Existem diversos modelos, com alcance de até 300m e com variadas funções aplicativas. Na Figura 10, o modelo de trena laser usada nesta pesquisa.

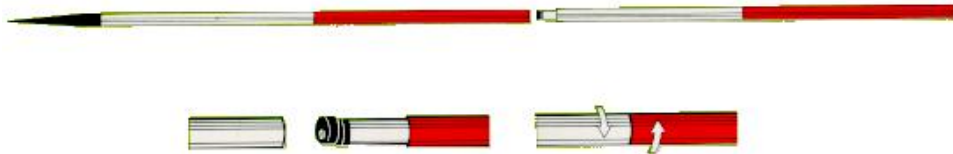
Figura 10 - Trena a laser da Leica, série Disto™ A5.



Fonte: LABGEO/DT/UFBA

A **baliza** é um instrumento auxiliar para as medições topográficas necessário facilitar a visualização do ponto a ser medido. A baliza serve para verticalizar o ponto de interesse e também para definir o alinhamento em direções. A baliza é confeccionado com tubo de ferro ou madeira, pintada de vermelho e branco, para dar melhor visibilidade em locais de vegetação densa, afim de facilitar o trabalho do operador (Figura 11).

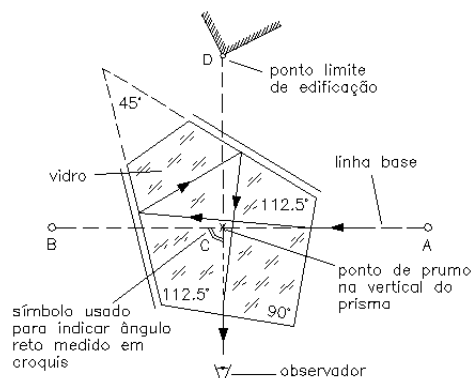
Figura 11 - Baliza de alinhamento



Fonte: NEDO, 1975

No método de medição ortogonal, utiliza-se o **prisma** para indicar as direções perpendiculares. O prisma é um instrumento pequeno, constituído de prismas de vidro lapidados, que se emprega em conjunto com um prumo de cordão ou com um prumo de bastão. Para uso na topografia, são usados três tipos de prismas de esquadro: de três lados ou de Bauernfeind; de quatro lados ou de Wollaston; e pentagonal (cinco lados). Os prismas pentagonais são os mais usados por serem mais precisos (Figura 12).

Figura 12 - Prisma pentagonal



Fonte: BLACHUT et al., 1980

O prisma pentagonal duplo (Figura 13), como o próprio nome sugere, possui dois prismas pentagonais, fixos um sobre o outro, de forma que as imagens desviadas para o observador (raios de saída) estão sobrepostos e distinguem-se em sentido

linear contrário aos raios de entrada. Abaixo ou acima de ambos os prismas ou ainda no meio de ambos, existe uma janelinha de visada livre.

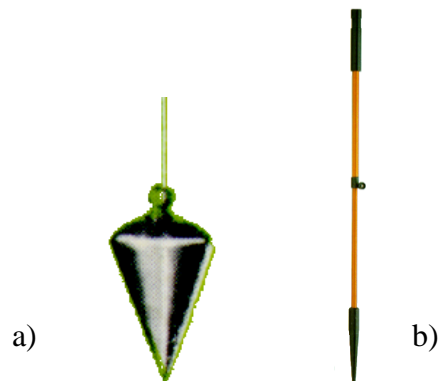
Figura 13 - Prisma pentagonal duplo



Fonte: WITTE & SCHMIDT, 1995

Outro instrumento auxiliar usado para verticalizar os pontos de interesse são os **prumos** (Figura 14)

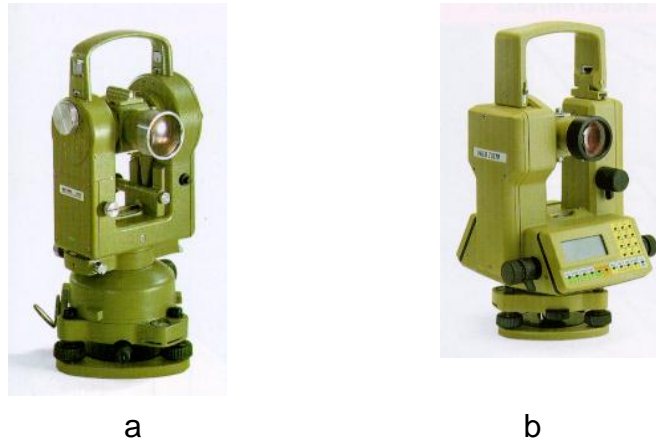
Figura 14 - a) Prumo de cordão; b) prumo de bastão



Fonte: Nedo General catalogue, 1975, "não pág." e Kern panorama, 1987, "não pág.", respectivamente

Para aplicação do método de medição polar, devem-se dispor principalmente de um instrumento para medir ângulos, o **teodolito**, e de um instrumento para medir distâncias (trenas, **distanciômetros** eletrônicos). Para a medição angular, existem basicamente dois tipos de teodolitos: os aparelhos tradicionais, ditos teodolitos ótico-mecânico e os aparelhos modernos, ditos teodolitos eletrônicos (Figura 15).

Figura 15 - a) Teodolito ótico mecânico, b) teodolito eletrônico.



Fonte: Leica, 1993.

A evolução dos instrumentos de medida de ângulos e distâncias trouxe como consequência o surgimento de novos instrumentos chamados de taqueômetros eletrônicos, ou também conhecidos como **estações totais topográficas** – teodolitos eletrônicos digitais com distanciômetros eletrônicos incorporados e montados num só bloco (Figura 16).

Figura 16 – Teodolito digital com distanciômetro acoplado (a) e estação total topográfica (b)



Fonte: Leica, 1993.

2.5. Tolerância posicional

Para garantir a qualidade das medições, deve proceder-se um controle dos valores medidos qualquer que seja o método de medição usado. Cada ponto levantado necessita ter sua posição garantida por medidas complementares independentes. As medidas sem controle são suficientes para a confecção de plantas, cartas ou cálculo

de coordenadas, porém, não protegem contra os inevitáveis erros nas medições, e nem possibilitam determinar as incertezas.

Para que as medições cadastrais possam proporcionar garantias técnicas jurídicas (legais), visando a integração destas nos registros públicos, o levantamento de pontos deve ter uma confiabilidade estatística associada. Ou seja, medidas complementares de controle são indispensáveis e os resultados devem atender a incerteza exigida, obrigatoriamente estabelecida a priori.

Em diversos países a incerteza posicional na determinação dos limites de parcelas territoriais é determinada de acordo com o desenvolvimento da região e valor do imóvel. No Brasil a incerteza posicional exigida na medição cadastral dos imóveis rurais é de mais ou menos 50 cm ou melhor, conforme a Lei 10.267/2001 ¹² e seus regulamentos.

Para os imóveis urbanos ainda não se dispõe de um valor regulamentado, porém presume-se ser de melhor qualidade do que o dos imóveis rurais. Para satisfazer a legislação brasileira, conforme demonstrou Brandão (2003), o levantamento cadastral precisa atender a uma tolerância posicional para os pontos que definem os limites de parcelas territoriais de mais ou menos 0,10m nos levantamentos em áreas urbanas. Isso significa que a medição necessita uma qualidade técnica cerca de três vezes melhor, ou seja, mais ou menos 3 cm.

Brandão (2003) apresentou uma tabela com informações de fontes diversas quanto à incerteza posicional na medição para o cadastro (Tabela 1).

¹² **Lei Federal N.º 10.267, de 28 de agosto de 2001**

Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências.

Tabela 1 – Exemplos de tolerância posicional do levantamento cadastral

PAÍS	TOLERÂNCIA POSICIONAL		
Canadá (algumas províncias)	Áreas de grande exploração e alto preço	6,0 cm	Exatidão posicional
	Áreas de média exploração	10,0 cm	
	Áreas agrícolas	16,0 cm	
	Áreas de montanhas, pastos e florestas	40,0 cm	
Estados Unidos – 1997	Áreas urbanas	20 mm + 50ppm	Precisão posicional relativa
	Áreas suburbanas	40 mm + 100ppm	
	Áreas rurais	80 mm + 200ppm	
	Áreas de pântanos e montanhas	200 mm + 200ppm	
Estados Unidos – 1999	Para todo o país	20,0 mm + 50ppm	
Holanda	Áreas rurais	$40\sqrt{2}$ cm (56,6 cm)	Precisão posicional absoluta
	Áreas urbanas	$20\sqrt{2}$ cm (28,3 cm)	
	Áreas urbanas especiais com medições de campo	$6\sqrt{2}$ cm (8,5 cm)	
Israel	Projeto de cadastro para todo o país	5 cm	Exatidão posicional
Suíça	Áreas urbanas	3,00 cm	Exatidão posicional
	Áreas suburbanas	9,00 cm	
	Áreas rurais	30 a 60 cm	

Fonte: Brandão, 2003.

2.6. Georreferenciamento ao Sistema Geodésico Brasileiro

Um tópico importante quando se fala em cadastro ordenado, subtende-se como um Cadastro Territorial completo, atualizado, multifinalitário, especificamente no tocante a parte geométrica. E nesse aspecto, inclusive para atender a contemporaneidade do conceito de Cadastro Multifinalitário, além da necessidade da determinação da incerteza posicional dos limites das parcelas e dos objetos territoriais físicos e legais, tanto das propriedades privadas como das públicas, torna-se importante considerar ainda o georreferenciamento das parcelas a um sistema de referência geodésico.

Ou seja, a sustentação multifinalitária do cadastro se dá através da implantação de uma rede de referência cadastral constituída de pontos “amarrados” ao Sistema Geodésico Brasileiro. A tecnologia de posicionamento por satélites artificiais (GNSS) pode ser usada para o georreferenciamento da medição cadastral ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

O Sistema Geodésico Brasileiro consiste num conjunto de pontos geodésicos que descrevem a geometria da superfície física da Terra. Esses pontos são implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país atendendo às finalidades de sua utilização, que vão desde o apoio a projetos internacionais de cunho científico, amarrações e controles de trabalhos geodésicos e cartográficos, até o apoio aos levantamentos do horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra.

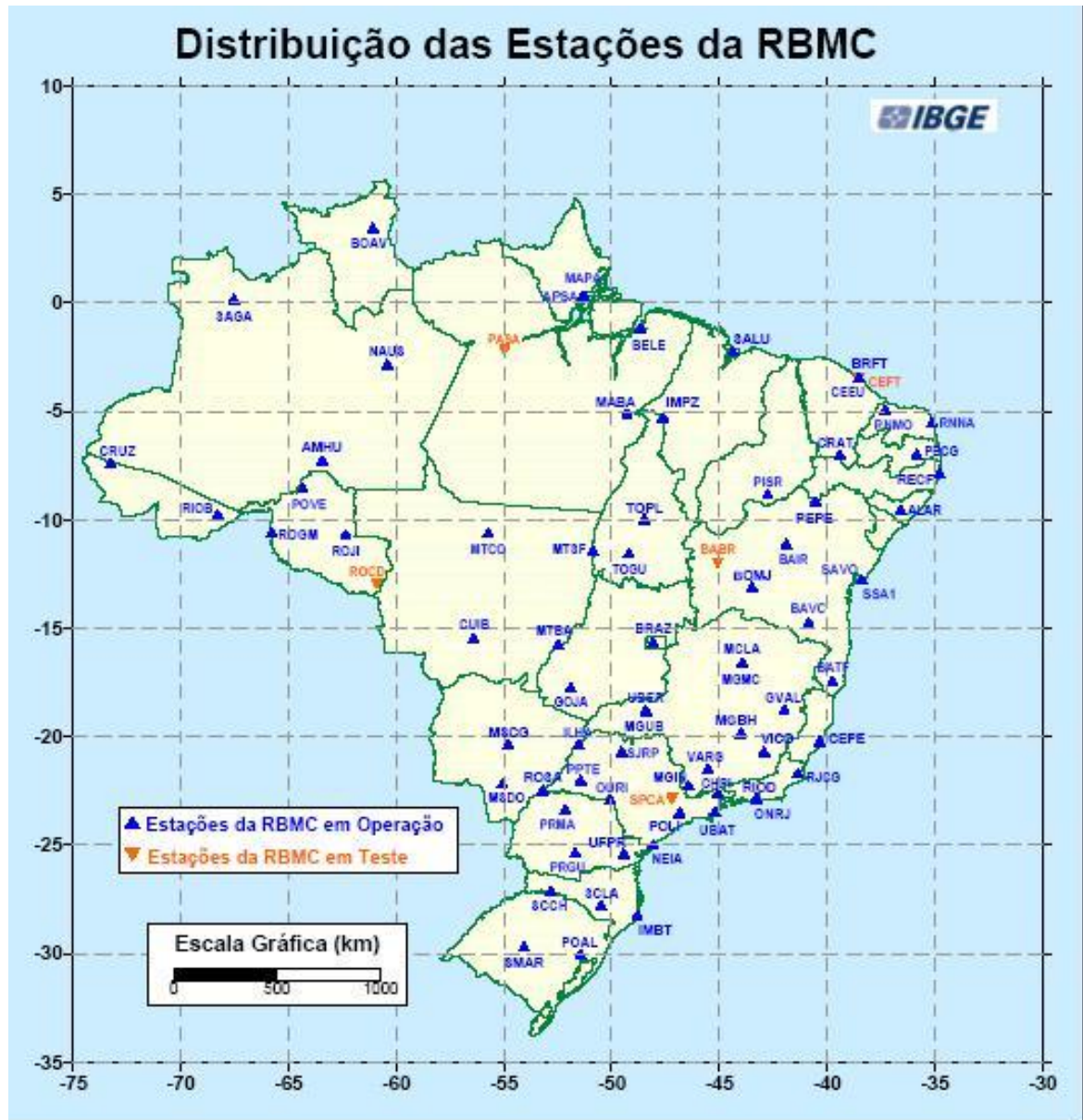
Os pontos materializados no terreno têm sua posição definida por normas rígidas e servem tanto ao cadastro como também de referência precisa a diversos estudos de viabilidade e projetos de engenharia como construção de estradas, túneis, pontes, gasodutos, barragens, etc., georreferenciamento de imóveis rurais (Lei nº. 10267/2001), mapeamentos diversos, geofísica, pesquisas científicas, etc.

Atualmente, o SGB possui como rede de 1ª ordem os pontos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), com dezenas de estações espalhadas pelo país (Figura 17). A expansão da Rede está sendo continuamente ampliada. As estações da RBMC são equipadas com aparelho receptor GNSS de dupla frequência (L1/L2), por isso é chamada de rede ativa com alcance acima de 300 km, conforme manual do equipamento. Os dados dos rastreios em cada estação da RBMC, depois de tratados, são disponibilizados gratuitamente na internet no site do IBGE.¹³

O IBGE, atualmente, está disponibilizando outro serviço onde oferece dados referentes às Redes Estaduais GPS. São compostos por marcos monumentalizados e homologados pelo IBGE que podem ser usadas para amarração de poligonais, dispostos a servirem de vértice de triangulação ou trilateração, bem como ocupadas por um aparelho receptor GPS para georreferenciamento ao SGB de estudos, projetos, obras, etc, conforme pode ser verificado na Figura 18.

¹³ www.ibge.gov.br.

Figura 17 - Rede de 1ª ordem dos pontos da RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo



Fonte: IBGE, 2009.

Figura 18 - Redes Estaduais GPS, são redes passivas resultado de diversos convênios



Fonte: IBGE, 2009

O termo GPS (Sistema de Posicionamento Global) serve tanto para denominar o instrumento receptor quanto para o próprio sistema de posicionamento concebido pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960, sob o nome de

“projeto NAVSTAR”. Uma vasta literatura sobre o assunto pode ser encontrada, a exemplo de Mônico (2000).¹⁴

O SGB integra o “South American Datum” – 1060 (SAD-69), que adota o elipsóide Internacional de 1967. Este é aceito e recomendado pela Assembléia Geral da Associação Geodésica Internacional (Lucerne – Suíça – 1967), onde o Brasil se fez representar.¹⁵

A competência do IBGE quanto aos levantamentos geodésicos é determinada na Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967. As Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos foram publicadas na Resolução PR nº 22, de 21 de julho de 1983. O Decreto nº 89817, de 20 de junho de 1984 – Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional – deve ser consultado quanto aos padrões de exatidão. Em 2005 o IBGE publicou mudanças nas normas, adotando um novo sistema de referencia, geocêntrico, o SIRGAS 2000.

Por meio do decreto Nº 5334/2005, assinado em 06/01/2005 e publicado em 07/01/2005 no Diário Oficial da União, foi dada nova redação ao artigo 21 do Decreto Nº 89.817, de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Pelo mesmo ato foi revogado o artigo 22 do referido decreto. Com a nova redação, fica definido que os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, conforme estabelecido pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em suas especificações e normas.

Dessa forma foi assinada em 25/02/2005 a Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005 que estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS2000), como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). Sendo acordado que a partir do ano de 2015, o novo Datum Nacional, o Sirgas 2000, seria oficializado.

¹⁴ Disponível em: <http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/2902/08-2902.pdf>. Acesso:20/03/2010

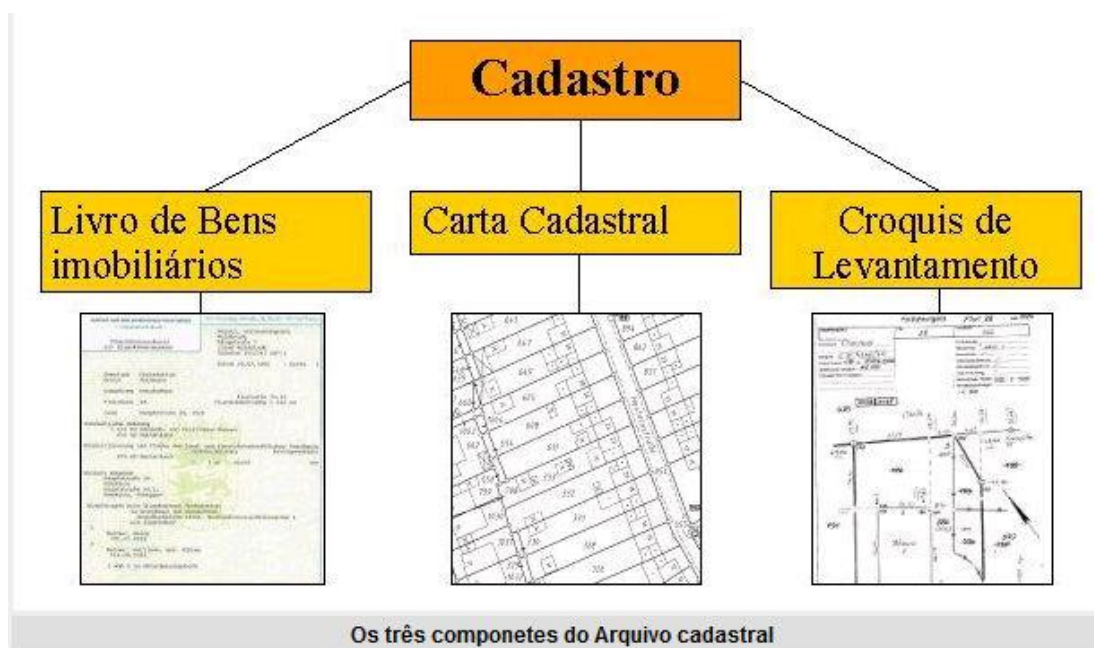
¹⁵ Disponível em: <http://www.topografia.ufsc.br/NBR%2013133.pdf>. Acesso:02/11/2010

2.7. Memorial descritivo e representação gráfica

Todo levantamento cadastral deve ser acompanhado do memorial descritivo e da planta cadastral. São elementos fundamentais para compor um arquivo cadastral (Figura 19). O rigor técnico exigido na construção desses documentos visa permitir, de forma inequívoca, que se obtenha, a partir de sua leitura, a forma, dimensão e localização da parcela territorial. Segundo Pelegrina (et AL., 2010):

Uma planta cadastral, ou carta cadastral, deve ser aquela que apresenta os limites legais da propriedade relacionados com o registro de imóveis, o croqui de levantamento e o memorial descritivo. O principal objetivo da Cartografia cadastral é delimitar, sistematizar e apresentar informações das propriedades territoriais em seus diversos aspectos, de forma que sirva de base para os diferentes usuários.¹⁶

Figura 19 - Componentes do Arquivo Cadastral



Fonte: Philips,2003

As peças técnicas, planta e memorial descritivo, são fundamentais para o adequado registro legal do imóvel real, pois indicam uma visão geral e detalhada do imóvel, em

¹⁶ Disponível em:

http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Cad_Geod_Agrim/Cadastro/A_76.pdf - Acesso:02/11/2010.

relação aos seus aspectos: limites e confrontações, acidentes naturais e artificiais, ambientais, jurídicos, sociais e comerciais.

O conhecimento e informações da superfície terrestre podem ser graficamente expressos por meio de mapas e cartas, sendo objeto de estudos e investigações da Cartografia. A Cartografia é considerada como ciência e arte. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mapa é a representação gráfica, em geral numa superfície plana e em uma determinada escala, com representação de acidentes físicos e culturais da superfície da Terra, ou de um planeta ou de um satélite. A palavra carta vem associada à representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada para fins da atividade humana, permitindo maior precisão nas avaliações de distância, direções e localizações planas e geralmente construída em média ou grande escala, subdivididas em folhas de forma sistemática.¹⁷

De acordo com Rosa (1996 apud BOSCATTO, 2006, p. 2) “[...] com o avanço da tecnologia, os mapas e as cartas são produzidos mais facilmente” [...], mas, nesse caso, é importante determinar e quantificar os erros e incertezas. Assim o aumento da velocidade na produção do material cartográfico pode ser contrária à precisão das informações contidas nas cartas ou mapas. Por esse motivo deve-se ter bastante atenção com as possíveis fontes de erro do material produzido em meio digital.¹⁸

A cartografia cadastral trata os elementos componentes do Cadastro Territorial de forma espacial e compreende os produtos que estabelecem a medição das parcelas, logradouros e demais aspectos físicos e naturais de uma região, auxiliando, dessa forma, no Registro de Imóveis, na arrecadação tributária sobre o uso do solo, no planejamento rural e urbano, no transporte e mobilidade, no gerenciamento do meio ambiente, e em toda questão envolvendo o imóvel (NERIS, 2004).¹⁹

No Cadastro dos imóveis rurais no Brasil, os procedimentos para confecção da

¹⁷ Disponível em: <http://www.topografia.ufsc.br/NBR%2013133.pdf>. Acesso: 02/11/2010

¹⁸ Disponível em: http://www.geolab.faed.udesc.br/publicacoes/Flavio/COBRAC_2006.pdf. Acesso:02/11/2010.

planta e do memorial descritivos foram estabelecidos pelo INCRA nas Normas Técnicas para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2003).

Por outro lado, não existem normas técnicas no Brasil para a cartografia cadastral em áreas urbanas. Isso é necessário principalmente pela escala de trabalho do Cadastro urbano, e uma vez normatizado, tornar possível o uso de uma base cartográfica única, e o atendimento ao caráter multifinalitário.

O Decreto-Lei N 243, de 28 de Fevereiro de 1967, normatiza a cartografia sistemática nacional em ambientes terrestres até a escala máxima de 1:25.000. Essa escala é inadequada para a atividade cadastral urbana, que tem como finalidade a localização e definição de geometrias de parcelas pequenas, somente possível de serem representadas graficamente em escalas grandes, 1/1.000 ou 1/500.

A planta cadastral é parte integrante do Memorial Descritivo da parcela territorial. De uma maneira geral, a planta cadastral deve ser confeccionada em uma escala conveniente de forma que represente de forma bem definida a geometria da parcela territorial (imóvel). Em função da escala estabelecida confecciona-se o desenho em um formato adequado - padrão A0, A1 A2, A3, A4.

O Memorial Descritivo do levantamento cadastral é o documento relativo ao imóvel urbano ou rural que indica os procedimentos técnicos da medição cadastral, bem como descreve as características geométricas da parcela territorial. Na falta de uma norma técnica padrão, o memorial descritivo deve ser elaborado de acordo com o modelo adotado por cada órgão.

De uma maneira geral, o Memorial Descritivo da parcela territorial deve informar as seguintes indicações principais: nome e número dos lotes ou casas, nome dos contratantes e do proprietário, número de matrícula no Registro de Imóveis, número de inscrição da Prefeitura Municipal, sistema de projeção cartográfica, sistema de referência geodésica, identificação dos vértices que definem os limites da parcela,

¹⁹ Idem

coordenadas dos vértices e respectivas incertezas posicionais, ângulos e distâncias entre os vértices, identificação dos confrontantes, área e perímetro da parcela, nome do Responsável Técnico com respectivos código do credenciado na PMS e número do registro no CREA, número da ART.

2.8. Procedimentos de atualização da informação cartográfica

Os procedimentos para a atualização das informações cartográficas seguem uma determinada padronização. Segundo afirma Philips (1996:25) em todos os processos de automatização de dados cartográficos – sejam eles automatização dos processos de medição, criação de cartas digitais ou formulação de modelos topográficos do terreno – a superfície terrestre, com todos os seus objetos topográficos, está representada através de pontos com coordenadas cartesianas e com atributos descritivos. Assim, o cadastro territorial se insere nesse processo de automatização cartográfica sob a forma de um “cadastro de coordenadas”.

Do ponto de vista geométrico, portanto, o processo de atualização da carta cadastral poderá significar:

- a) A inclusão de novas coordenadas no cadastro;
- b) A supressão de coordenadas cadastradas ou
- c) A alteração de coordenadas cadastradas.

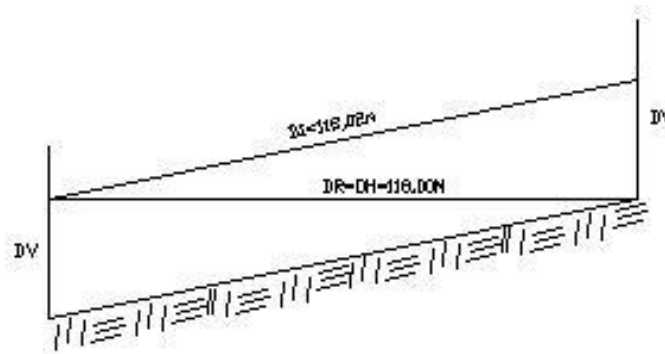
Considerando apenas questões técnicas, a atualização da carta cadastral compreenderá, assim, as etapas de aquisição de dados geométricos e o lançamento ou alteração desses dados e seus atributos na carta existente ou sobre uma nova carta. Outras considerações, que fogem ao objetivo deste trabalho, envolvem questões administrativas, legais, políticas, sendo importante estabelecer mecanismos de cooperação entre os órgãos envolvidos, no sentido de fomentar com novas informações para que o sistema sempre se mantenha atualizado.

2.9. Incerteza nas medições à trena

Qualquer que seja o processo de medição, os erros envolvidos devem ser adequadamente avaliados. Os erros são classificados em grosseiros, sistemáticos e aleatórios. Os erros grosseiros devem ser eliminados, e normalmente podem ser detectados com repetições das observações. Os erros sistemáticos também devem ser eliminados, e são decorrentes das condições ambientais, da pericia do operador e dos equipamentos. Muitas vezes as flutuações de origem sistemáticas passam despercebido, o que exige maiores cuidados no processo de medição. Os erros sistemáticos tem amplitude constante, e influem sempre no mesmo sentido. Os erros aleatórios são os de causa fortuita, acidentais, e variáveis, com amplitudes compreendidas dentro da aproximação dos instrumentos. A repetição de diversas vezes a medida de uma grandeza física, mesmo com o máximo de cuidado, pode não repetir os mesmos valores, devido a flutuações que podem estar relacionadas. Aos erros acidentais ou aleatórios não podem ser eliminados, sendo objeto de estudos pela teoria dos erros.

Nesta pesquisa, a **trena** foi o instrumento mais importante usado para avaliar a qualidade do procedimento de medição cadastral investigado. Convém salientar que a trena deve ser utilizada tomando como base o nível de um plano horizontal, sendo alinhada através de duas balizas ou prumos, conforme Figura 20. Esse procedimento deve ser verificado mesmo em casos de terrenos acidentados. No caso de se efetuar medida inclinada, é necessário reduzi-la ao horizonte.

Figura 20 - Procedimento de medição com trena



Para atenuar os erros nas medições e eliminar os erros instrumentais sistemáticos,

todos os instrumentos de medição, inclusive as trenas, devem ser **verificados, aferidos e calibrados**, conforme INMETRO²⁰.

Realizar a verificação, ou ato ou efeito de verificar, é um procedimento fundamental para manter corretas as medições. Esse procedimento significa estar sujeito à regularização e ao controle metrológico, sob ação própria de um organismo de metrologia legal, no Brasil sendo responsabilidade do INMETRO.

Realizar a aferição, ou ato ou ação de aferir, deve ser entendido como realização de retificações de componentes e sistemas dos equipamentos, com o objetivo de eliminar erros encontrados nas medições.

Realizar a calibração significa programar um conjunto de operações que estabelecem sob condições especificadas a relação entre os valores indicados como padrão de um determinado instrumento. Considera-se a calibração de um equipamento um elemento importante na qualidade dos resultados expressos por ele o que lhe confere um certificado de garantia de precisão e confiabilidade no serviço prestado, levando-se em consideração os padrões de qualidade em níveis nacional e internacional.

No caso específico para o uso de trenas nas medições cadastrais, importante considerar as normas do INMETRO como consta na “Versão Brasileira do Documento de Referência EA-4/02 – Expressão da Incerteza de Medição na Calibração” (Janeiro/1999)”, ou outras derivadas, a exemplo da “RM 53 – Orientações sobre Declaração da Incerteza de Medição em Metrologia Dimensional - Procedimento do Sistema de Gestão da Qualidade – Revisão Jan/2009 – publicado pela Rede Metrológica do Rio Grande do Sul.

Os cálculos e a expressão das incertezas de medição referentes às calibrações realizadas pelos laboratórios de calibração na área dimensional, reconhecidos e postulantes ao reconhecimento pelo INMETRO devem ser elaborados e implementados de acordo com os princípios estabelecidos nas Normas. O cálculo da

²⁰ www.inmetro.gov.br/verificacao_instrumento

incerteza de medição deve ser efetuado para todas as calibrações realizadas, levando em consideração, pelo menos, os componentes de incerteza apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Componentes de incerteza a serem considerados na calibração de trenas de fita metálica - Fonte: Rede metrológica RS

RM 53 – Orientações sobre declaração da incerteza de medição em metrologia dimensional

rev. 02

Tabela 10 – Componentes de incerteza a serem considerados na calibração de trenas de fita metálica.

Medição do erro de indicação com régua de referência e lupa graduada.

Componentes de Incerteza	Causa	Método de Determinação	Distribuição de Probabilidade	Divisor Apropriado
Desvio padrão experimental da média	Diversas	A função estatística utilizada para caracterizar a dispersão nos resultados é o desvio padrão amostral $s(\sqrt{s})$ dos n valores que compõem a série de medições. <i>Nota:</i> Nos casos onde o desvio padrão amostral for igual a zero, aplicar um coeficiente de sensibilidade de $\sqrt{2}$ na componente relativa a divisão de escala da lupa.	Normal	\sqrt{n}
Incerteza de medição herdada da régua de referência.	Incerteza de medição na calibração da régua de referência.	Declarada no certificado de calibração da régua de referência como uma incerteza expandida "U".	Normal	Fator de abrangência expresso no certificado de calibração. "k"
Incerteza de medição herdada da lupa auxiliar de medição.	Incerteza de medição na calibração da lupa auxiliar de medição.	Declarada no certificado de calibração da lupa auxiliar de medição como uma incerteza expandida "U".	Normal	Fator de abrangência expresso no certificado de calibração. "k"
Afastamento da temperatura em relação a temperatura de referência.	Limites de temperatura estabelecidos pelo laboratório. A variação da temperatura ambiental em relação a temperatura de referência (20°C).	$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t$, onde ΔL – Dilatação linear α – Diferença entre os coeficientes de dilatação linear da régua de referência e da trena de fita metálica. Se for desconhecido, assumir pelo menos $2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Δt – Afastamento máximo da temperatura ambiente, em relação a temperatura de referência.	Retangular.	$\sqrt{3}$

REDE METROLÓGICA RS

Página 20 de 28

O Laboratório de Metrologia Dimensional (LMD), da Rede INMETRO, estabeleceu a incerteza de medição dos instrumentos de medição, incluindo a trena. O LMD presta serviços de calibração de padrões e instrumentos para medição dimensional. Na Tabela 3, encontram-se os valores da melhor incerteza na medição com trenas, adotados pelo LMD.

Tabela 3 - Incerteza na medição com trena
Fonte: Laboratório de Metrologia Dimensional (LMD)

DESCRIÇÃO	FAIXA DE MEDIÇÃO	TIPO DE CERTIFICADO	MELHOR INCERTEZA DE MEDIÇÃO
Trena até 3 m	0 a 3000 mm	RBC/INMETRO	$[0,03 + (L/1,6 \cdot 10^5)]$ mm
Trena de 5 a 15 m	0 a 15000 mm	RBC/INMETRO	$[0,03 + (L/1,6 \cdot 10^5)]$ mm
Trena de 20 a 50 m	0 a 50000 mm	RBC/INMETRO	$[0,03 + (L/1,6 \cdot 10^5)]$ mm
Trena digital	0 a 50000 mm	RBC/INMETRO	$[0,03 + (L/1,6 \cdot 10^5)]$ mm

3. MÉTODO APLICADO

Esta pesquisa está focada na medição cadastral e pretende definir diretrizes que possam qualificar essa atividade nas prefeituras municipais. Uma medição cadastral qualificada deve atender aos seguintes requisitos: a) Referenciar a medição geométrica da parcela ao Sistema Geodésico Brasileiro; b) Definir parâmetro de incerteza posicional; c) Avaliar os métodos de medição e equipamentos que podem ser utilizados de modo satisfatório; d) Vincular a obrigatoriedade da medição para se obter o registro do imóvel ou concessão de empreendimento.

A correta escolha e manuseio dos equipamentos, dos métodos de medição, dos procedimentos de coleta de dados em campo, é que definem a qualidade dos resultados, e devem ser direcionadas obedecendo alguns critérios. Além da determinação do valor da incerteza posicional, torna-se necessário avaliar qual o método de medição que deve ser empregado.

Nesta pesquisa propõem-se para a medição cadastral em áreas urbanas, procedimentos que possibilitem o georreferenciamento dos imóveis com uma incerteza posicional melhor que $\pm 0,10\text{m}$, conforme de estudos de Brandão (2003). Torna-se necessário normatizar tal procedimento, a exemplo do que já ocorre na medição cadastral em imóveis rurais, por meio da Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, conforme a Lei 10.267 de 20 de agosto de 2001, e seus regulamentos, que indica uma precisão posicional melhor que $\pm 0,50\text{m}$.

Nas áreas urbanas, normalmente não se tem condições favoráveis de se efetuar o serviço de medição cadastral somente com o posicionamento relativo GNSS/GPS. Por outro lado, em situações adequadas torna-se conveniente proceder a medição com o método polar, usando estação total topográfica, ou teodolito.

Nesta pesquisa, investiga-se um procedimento simples de medição cadastral, que podem ser adotados pelas prefeituras municipais. Os métodos sugeridos, **poligonação à trena** e **trilateração**, aplicam-se na medição cadastral de lotes

padrão de ocupação em áreas urbanas – quadrilátero ou polígonos com poucos lados, cada um deles com extensões de poucas dezenas de metros, e área de algumas centenas de metros quadrados. Esses métodos têm como principal instrumento de medição a trena de aço, ou de fibra de vidro e, mais modernamente, a trena Laser. As medidas lineares com a trena têm por referência o plano horizontal local.

Buscam-se procedimentos que proporcionem um serviço de rapidez e que produza uma qualidade métrica dentro de uma incerteza razoável. Nesta pesquisa, a fundamentação da escolha destes parâmetros baseia-se nos resultados obtidos de um estudo de caso de medição cadastral, onde foram empregados desde os métodos convencionais de medição envolvendo trena e aparelhos óticos mecânicos de medida indireta, aos mais modernos com medição eletrônica, como também o uso de posicionamento por satélites artificiais. Todos esses equipamentos usados foram do Laboratório de Geomensura (LABGEO) / Departamento de Transporte da Escola Politécnica da UFBA.

Para o levantamento e posterior análise dos elementos relevantes a esta pesquisa faz-se necessário explicar o método, técnicas e procedimentos que serão adotados na investigação, tendo em vista alcançar os objetivos propostos. No desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados um conjunto de métodos de levantamentos topográficos, cadastrais e geodésicos, conforme as necessidades de aplicação, e o atendimento à Normas Técnicas da ABNT / NBR 13133 e NBR 14166, do Decreto 89.817 IBGE, afim de atender os objetivos pré-estabelecidos, aplicados em uma determinada área piloto.

A pesquisa foi desenvolvida nas seguintes etapas:

a) Sistematização do referencial teórico necessário para embasar conceitualmente a pesquisa, enfocando principalmente: o cadastro no Brasil e no mundo, medições cadastrais, normas técnicas sobre cadastro, tolerância posicional no Cadastro e teoria dos erros;

- b) Avaliação da possibilidade do uso do método da corda de medição cadastral aqui denominado “**poligonação à trena**”, onde a medição da parcela tem por base as medidas dos lados e dos ângulos entre alinhamentos, sendo estes calculados a partir de medidas lineares de um triângulo “encaixado” em cada vértice da poligonal que define a parcela.
- c) Avaliação da possibilidade do uso do método da **trilateração** na medição cadastral com base nas medidas dos lados e diagonais da parcela.
- d) Diagnóstico dos procedimentos adotados pela SEFAZ/PMS na elaboração da FCI quanto ao aspecto da medição.
- e) Indicações de diretrizes de medição cadastral em áreas urbanas, com o aperfeiçoamento do modelo adotado na SEFAZ/PMS.

3.1. Análise do registro da medição cadastral na Ficha de Cadastro Imobiliário (FCI)

Foram analisados aspectos geométricos e geodésicos constantes na Ficha de Cadastro Imobiliário (FCI) da Prefeitura Municipal de Salvador-BA. Os aspectos geométricos são aqueles referentes à geometria da parcela (lote ou imóvel), no tocante à forma, área, perímetro e lados. Os aspectos geodésicos são referentes ao posicionamento da parcela (lote ou imóvel) em relação aos demais imóveis e ao Datum²¹ utilizado, no tocante a acurácia, superposição ou não de linhas ou pontos.

Com base nos procedimentos de medição cadastrais praticados e pelos elementos constituintes da FCI adotada pela Prefeitura Municipal de Salvador (PMS), constata-se uma inadequação dos procedimentos de medição cadastral, envolvendo os aspectos geométricos e geodésicos. A falta de procedimentos técnicos e de capacitação de mão de obra especializada e treinada para medição dos lotes acarreta uma inadequação quanto à determinação da posição espacial, forma e área dos imóveis.

²¹ Referencial planimétrico.

Na FCI da SEFAZ/PMS adota-se como padrão uma metodologia largamente empregada nas prefeituras municipais do Brasil (Anexo A). Para caracterizar o imóvel a FCI da SEFAZ/PMS possui mais de 300 itens para serem preenchidos, no entanto ainda assim não possibilita um adequado registro geométrico da ocupação territorial. Os campos destinados aos registros dos dados do tópico “Medição das Parcelas” não atende as especificações técnicas, levando ao equívoco o processo de medição da mesma.

Na FCI da SEFAZ/PMS, não há indicações para o registro da posição geodésica / cartográfica dos imóveis, ou seja, as medições realizadas não são georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro. Conseqüentemente os dados gerados nessa medição não podem ser usados em um sistema de cadastro multifinalitário.

Na FCI da SEFAZ/PMS presume-se que as parcelas, lotes, terrenos e áreas construídas são formando por polígonos regulares com quatro ângulos retos entre lados consecutivos. Não há orientações sobre como proceder a medição de parcelas com geometria irregular. Ou seja, os campos destinados aos dados relativos às medidas do imóvel são inadequados, uma vez que os formulários apresentam espaços para preenchimento de apenas quatro medidas de comprimento dos lados, o que impossibilita a correta determinação geométrica do imóvel em dimensões, forma e área superficial. O Anexo B apresenta um exemplo de registro da medição cadastral de um lote no modelo da FCI da SEFAZ/PMS.

Observa-se que, quando se mede apenas o perímetro das parcelas, os dados são insuficientes para a descrição geométrica no tamanho da área do terreno ou área construída e conseqüentemente na confecção da planta. Medindo-se apenas os lados da parcela (frente, fundo, lado direito, lado esquerdo), como consta na FCI da SEFAZ/PMS, induz-se ao erro de considerar que todos os imóveis de uma cidade possuem forma geométrica de um quadrilátero regular com lados adjacentes ortogonais, o que normalmente não ocorre, resultando na certeza de que as áreas das parcelas calculadas, a partir dos dados da FCI, normalmente não correspondem à realidade.

Em visita ao setor responsável pela FCI, na Secretária da Fazenda da Prefeitura Municipal do Salvador, constatou-se que os serviços de medição cadastral são realizados por estagiários, sem treinamento adequado, realizando as medições das parcelas ou áreas, com o uso da trena de fibra de vidro, sem a observância dos cuidados necessários.

Na Bahia, a Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER) é o órgão que possui histórico de execução de serviços cartográficos no estado, incluindo a elaboração dos mapas sistemáticos e mapas temáticos. A CONDER também possui um setor que presta apoio às prefeituras na execução do cadastro imobiliário urbano e de logradouros. Em entrevista com um dos técnicos do setor INFORMS²² da CONDER, constatou-se que as medições das parcelas ou áreas, são efetuadas pelos funcionários das prefeituras atendidas, sob a orientação dos técnicos da CONDER, que capacitam no uso da trena para efetuar as medições.

Em geral, as prefeituras municipais não dispõem de equipe técnica adequada para a execução de atividades de medição cadastral. Sobre essa questão, a respeito da profissão de Agrimensor, Hasenack et al. (2000) coloca a dificuldade encontrada pelo profissional no Brasil. Na sua visão, é função deste profissional executar os levantamentos demandados pelas prefeituras municipais que exigem serviços como loteamentos, desmembramentos ou retificação dos dados geométricos dos imóveis constantes nos carnês do IPTU, levantamento de plantas topográficas do imóvel e outros.

Ocorre que a maioria das prefeituras não dispõe de normas e procedimentos que orientem a organização dos documentos topográficos para estes fins. O profissional que executa tais levantamentos muitas vezes deve se sujeitar às exigências oriundas de vícios e interpretações pessoais dos funcionários municipais que, na maioria das vezes, não possuem conhecimentos técnicos ou, quando o possuem, encontram-se desatualizados com relação à evolução do processo. Hasenack et al. (2000) cita exemplos de expressões clássicas a respeito da fala dos funcionários em relação aos levantamentos das fichas cadastrais: “a planta não pode conter as

²² Site da CONDER.

medidas escritas na casa dos milímetros” ou, “não aceitamos vírgula para separar frações decimais, têm que ser ponto” ou ainda:

A planta deverá conter a mesma geometria e confrontantes contidos na escritura do Registro de Imóveis que, por ser assim não são aceitas e, podendo esta última, ser uma importante ferramenta para que as prefeituras e os Registros de Imóveis pudessem sanear os problemas existentes entre as situações de fato e as situações de direito dos limites de propriedades. (Hasenack et al. 2000:9)

Concluindo, Hasenack et al (2000) defende que ao invés de rejeitar o trabalho de levantamentos topográficos que são apresentado, os setores competentes das prefeituras deveriam anexá-lo ao processo de modo a detalhar e esclarecer as situações dúbias entre os cadastros e os registros imobiliários.

3.2. Medição cadastral pelo método da trilateração

A ocupação das áreas urbanas é caracterizada por parcelas territoriais de forma geométrica predominantemente constituída por quadriláteros, com dimensões que possibilitam o uso de medidas lineares com trena. Para obter qualidade métrica nesses levantamentos, recomenda-se decompor os polígonos em triângulos, por se tratar de uma forma geometricamente definida conhecendo-se somente as medidas dos lados.

Nesse procedimento, o cálculo da área do polígono pode ser obtido pela fórmula de Heron, procedimento esse pouco usado nas medições cadastrais no Brasil. Heron de Alexandria demonstrou a fórmula matemática que calcula a área de um triângulo em função das medidas dos seus três lados. Assim, a fórmula de Heron é muito útil nas medições cadastrais em áreas urbanas.

Em um triângulo de lados medindo **a**, **b** e **c** calcula-se a sua área utilizando a fórmula de Heron com segue:

$$A = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \text{ sendo}$$

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

No estudo de caso desta pesquisa, o método da trilateração foi usado na medição cadastral, com resultados satisfatórios. Portanto é um método recomendado para ser usado pelas prefeituras municipais nas medições cadastrais em áreas urbanas.

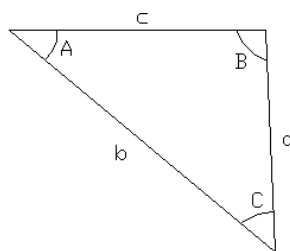
3.3. Medição cadastral pelo método da poligonação à trena ou método da corda.

Este método tem como principais características a obtenção dos valores dos ângulos horizontais entre alinhamentos de uma parcela por meio de medições lineares dos lados de pequenos triângulos posicionados nos vértices do polígono. Dois dos lados desse triângulo são posicionados sobre alinhamentos consecutivos da parcela. Esse método de medição não é usual nos levantamentos cadastrais, e, portanto, foi investigado nesta pesquisa.

No método de medição cadastral aqui denominado de “**poligonação à trena**” a caracterização geométrica do polígono que define os limites da parcela tem por base somente as medidas lineares. Os lados são medidos de forma convencional. Os ângulos horizontais entre alinhamentos, no entanto, são calculados a partir de medidas lineares de um triângulo “encaixado” em cada vértices da poligonal que define a parcela. Ou seja, os ângulos horizontais entre os alinhamentos não são medidos diretamente, mas determinados a partir de medidas lineares.

Nesse método, os ângulos entre os alinhamentos da poligonal são calculados, utilizando a lei dos cossenos num triângulo plano (Figura 21), como segue:

Figura 21 - Elementos de um triângulo qualquer



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos C$$

Assim, determinam-se os elementos de uma poligonal topográfica fechada (tipo anel) convencional realizando medidas somente com a trena, auxiliada por balizas ou prumos, conforme apresentado no estudo de caso (Capítulo 4). Executam-se então os procedimentos de campo: a) reconhecimento dos vértices do polígono que define a parcela; b) confecção do croqui com localização dos triângulos encaixados no polígono; c) medição e anotação dos lados do polígono com a trena esticada em nível horizontal e balizas verticalizadas; d) medição da corda, terceiro lado do triângulo também com a trena em nível horizontal, e as balizas verticalizadas.

Com os ângulos horizontais calculados, e as medidas dos lados do polígono, calcula-se o fechamento angular e linear de uma poligonal fechada (tipo anel), procedimento esse rotineiro no âmbito dos levantamentos topográficos.

Deve-se avaliar a propagação de erros no cálculo da poligonal, decorrentes principalmente das incertezas cometidas na determinação dos ângulos pelo método proposto. Recomenda-se repetir o procedimento em cada vértice, usar o valor médio e analisar o desvio-padrão correspondente. O erro angular esperado é bem maior que no processo convencional de medição angular com teodolitos, conforme pode ser verificado nos estudos de casos realizados (Capítulo 4). No entanto, deve-se avaliar a pertinência do procedimento, em lotes com dimensões reduzidas, com lados medindo poucas dezenas de metros.

Para uma melhor avaliação das incertezas, recomenda-se que o cálculo da poligonal seja feito pelo método dos mínimos quadrados (MMQ), procedimento esse que foi investigado nesta pesquisa.

3.4. Inconsistências na determinação da área superficial em parcelas com geometria irregular

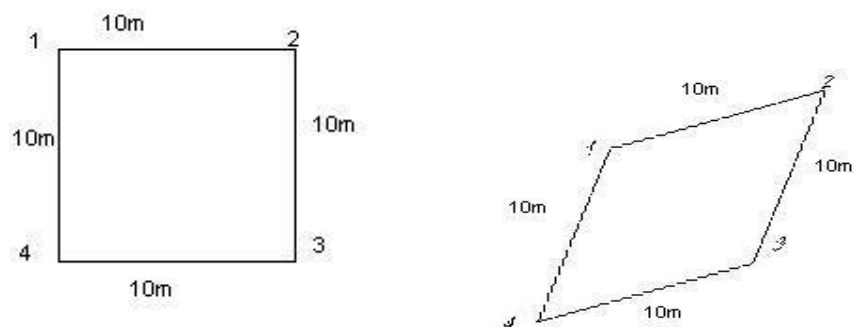
A determinação da área superficial das parcelas é um dos elementos geométricos mais importantes da medição cadastral. Infelizmente, a grande maioria das prefeituras municipais no Brasil realiza essa tarefa de forma inconsistente, muitas delas sendo induzidas ao erro por preencherem as Fichas de Cadastro Imobiliário

(FCI) sem a devida análise crítica. Como avaliado no item 3.1, para a medição cadastral das parcelas, lotes e áreas construídas, normalmente as FCI's usadas pelas prefeituras municipais apresentam espaço somente para indicação de 4 (quatro) medidas lineares – frente, fundo, lado direito e lado esquerdo. Tais elementos não são suficientes para caracterizar a geometria de uma parcela.

Para a medição de parcelas em áreas urbanas, recomendam-se os métodos da trilateração (item 3.2) e da poligonação a trena (item 3.3) com medidas de controle. No método da trilateração os polígonos definidores dos limites da parcela são decompostos em triângulos. Se forem medidos todos os triângulos possíveis torna-se possível avaliar a qualidade da medição cadastral, pois as medidas adicionais podem ser consideradas como de controle. Por exemplo, numa parcela definida por um polígono de quatro lados, devem ser medidos as duas diagonais. No método da poligonação a trena, a definição de todos os elementos do polígono fechado (lados e ângulos horizontais) é suficiente para estabelecer o controle do processo de medição.

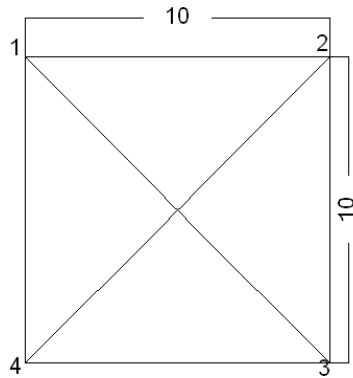
Apresenta-se a seguir exemplos teóricos para justificar que somente com a medição dos lados de um polígono com mais de três lados não é possível determinar sua área de forma consistente. Na Figura 22, a área do quadrilátero regular de 10m X 10m será de 100m² se e somente se os lados do polígono formarem ângulos de 90°. Caso contrário a geometria fica modificada em relação ao quadrilátero regular, no caso um quadrado, se tornando um paralelogramo cuja área superficial varia em função dos seus ângulos.

Figura 22 – Quadrilátero regular e paralelogramo



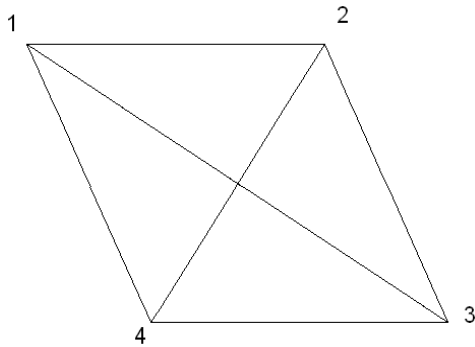
Para ilustrar essa situação, nas Figuras 23, 24 e 25, são apresentados 3 quadriláteros com as mesmas dimensões dos lados, mas com áreas superficiais diferentes.

Figura 23 – Gleba A (Quadrilátero regular)



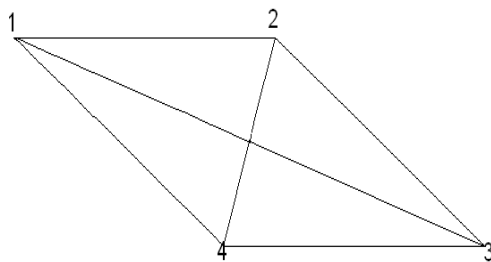
Gleba A					
De	Para	Coord. N(Y)	Coord. E(X)	Azimute	Distância
1	2	0,58	5,20	90°00'00"	10,00 m
2	3	-9,42	5,20	180°00'00"	10,00 m
3	4	-9,42	-4,80	270°00'00"	10,00 m
4	1	0,58	-4,80	0°00'00"	10,00 m
Área: 100,000 m ²					
Perímetro: 40,000 m					

Figura 24 – Gleba B (Paralelogramo)



Gleba B					
De	Para	Coord. N(Y)	Coord. E(X)	Azimute	Distância
1	2	-61,40	4,20	90°00'00"	10,00 m
2	3	-70,50	8,30	155°21'25"	10,00 m
3	4	-70,50	-1,70	270°00'00"	10,00 m
4	1	-61,40	-5,80	335°21'25"	10,00 m
Área: 90,900 m ²					
Perímetro: 40,002 m					

Figura 25 – Gleba C (Paralelogramo)



Gleba C					
De	Para	Coord. N(Y)	Coord. E(X)	Azimute	Distância
1	2	-126,01	-1,91	90°00'00"	10,00 m
2	3	-132,00	6,10	126°47'23"	10,00 m
3	4	-132,00	-3,90	270°00'00"	10,00 m
4	1	-126,01	-11,91	306°47'23"	10,00 m
Área: 59,900 m ²					
40,004 m					

As inconsistências no cálculo de áreas também ocorrem quando a parcela possui formato irregular nos lados e nos ângulos. Seja um exemplo de um quadrilátero irregular, conforme Figuras 26 e 27. Observam-se as diferenças nas áreas para quadriláteros com mesmas dimensões dos lados mais com ângulos diferentes.

Figura 26 - Medição cadastral – quadrilátero irregular 1

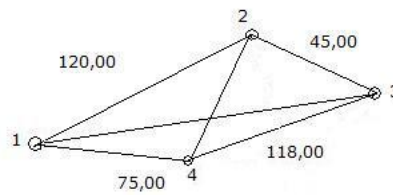
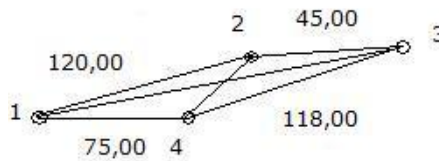


Figura 27 – Medição cadastral – quadrilátero irregular 2



Somente com as medidas dos lados a área do quadrilátero varia em função da abertura dos seus ângulos internos ou externos. A alternativa técnica consiste em medir as diagonais do quadrilátero. Ou seja, deve-se decompor a parcela em triângulos, passando assim o método ser conhecido como trilateração. No estudo de caso desta pesquisa avaliou-se o uso do método da trilateração nos resultados de uma medição cadastral em parcela urbana (Capítulo 4).

3.5. Ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados

O Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), quando aplicada ao ajustamento de poligonais topográficas, permite obter, além das coordenadas, os desvios padrão da determinação dessas coordenadas. Esse é um elemento fundamental para a obtenção da incerteza posicional das coordenadas dos limites de imóveis. Por esse motivo, o MMQ é o único que deveria ser aceito nos trabalhos de georreferenciamento de imóveis, como previsto nas Normas do INCRA.

Para o ajustamento de poligonais topográficas pelo MMQ pode-se usar o método paramétrico, onde a cada observação (ou medição) corresponde uma equação de acordo com seu modelo funcional. A correção angular e linear das poligonais topográficas, aplicada neste método corresponde a uma rotação e uma alteração de escala da transformação de similaridade (Kahmen & Faig, 1988). Em Wolf & Ghilani

(2002), Gemael (1994) e Kahmen & Faig (1988) encontram-se desenvolvimentos detalhados de várias aplicações em Topografia e Geodésia.

4. MEDIÇÃO CADASTRAL EM ÁREAS URBANAS – ESTUDOS DE CASOS

Foram realizados experimentos de medição cadastral em duas parcelas urbanas típicas, no município de Salvador-BA, com forma geométrica de um quadrilátero. Avaliou-se a qualidade dos resultados da medição cadastral a partir dos seguintes métodos: somente com distâncias dos lados, com medição das diagonais (trilateração), poligonação a trena (método da corda), irradiação (método polar) com estação total, e posicionamento GNSS. Os métodos de medição cadastral usados possibilitaram uma comparação da qualidade dos resultados. O parâmetro básico de análise foi a área superficial da parcela.

4.1. Medição cadastral – estudo de caso 1

O estudo de caso 1 correspondeu a um terreno situado a Rua Professor Aristides Novis s/n – Federação – Salvador – BA (Figura 28). O lote escolhido para o estudo de caso apresentava as seguintes características, em março de 2010, quando foram executadas as medições:

- a) geometria padrão para lote urbano, com quatro lados aproximadamente ortogonais;
- b) casa existente em demolição, com início de nova construção, ou seja, o terreno semi-ocupado;
- c) todas as extremas muradas.
- d) acesso aos registros legais, contrato de venda e compra (Anexo C) e carnê do IPTU (Anexo D).

Não foi possível executar a medição dos vértices definidores da parcela por posicionamento por satélites (GNSS/GPS), no modo relativo, devido à impossibilidade da recepção de sinais de satélites nos pontos limites internos do lote.

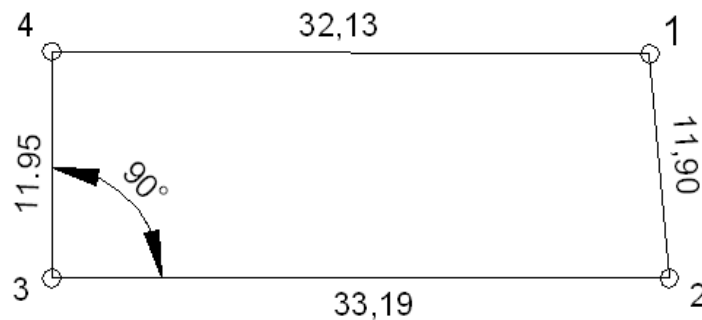
Figura 28 – Fachada do lote do estudo de caso 1



4.1.1. Medição cadastral 1a – somente com distâncias dos lados

No estudo de caso 1 foram realizadas as seguintes medidas no método somente com distancias dos lados, conforme Figura 29.

Figura 29 – Estudo de caso 1 - Medição somente dos lados da parcela



Polígonos com mais de 3 vértices não ficam geometricamente definidos somente com as medidas dos lados. Nesses casos, os erros cometidos no cálculo da área do lote são geralmente significativos, e dependem da forma geométrica da parcela. Nos serviços de cadastro de prefeituras municipais, bem como no registro imobiliário, encontram-se “soluções” para o cálculo da área em situações similares sem rigor geométrico. É comum adotar duas alternativas:

a) calcula-se a área da parcela degenerando o polígono em um retângulo com lados ortogonais iguais às médias aritméticas entre as medidas dos lados opostos, procedimento esse que é o mais usado por resultar na área máxima do polígono com tais medidas de lados. No lote do estudo de caso a área seria:

$$A(1a1) = 11,925\text{m} * 32,65\text{m}$$

$$\mathbf{A(1a1) = 389,47\text{m}^2}$$

b) calcula-se a área da parcela, degenerando o polígono em um trapézio com ângulo reto num dos extremos. No lote do estudo de caso, a área seria:

$$A(1a2) = ((33,19\text{m} + 32,13\text{m})/2)*11,90\text{m}$$

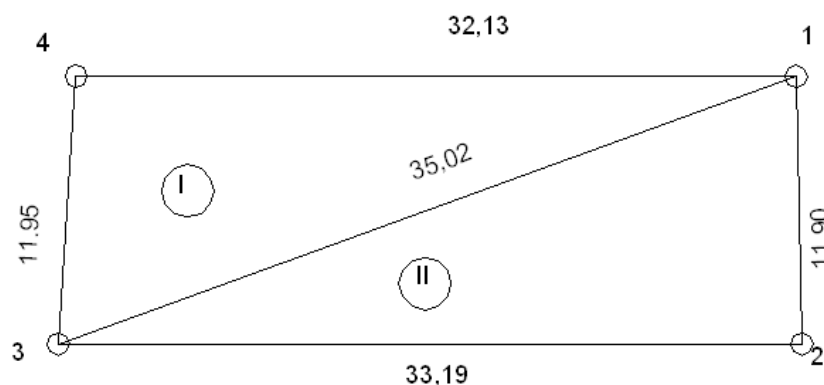
$$\mathbf{A(1a2) = 388,65\text{m}^2}$$

Nas duas alternativas o procedimento não tem sustentação técnica, devido ao não conhecimento dos ângulos entre os alinhamentos que definem as extremas da parcela. No caso de parcelas com forma geométrica irregular, o calculo de áreas com os procedimentos acima podem resultar em diferenças maiores que 50% do valor mais provável.

4.1.2. Medição cadastral 1b – trilateração com distâncias dos lados e diagonais

Procedeu-se o calculo da área da parcela a partir das medidas dos lados e de uma das diagonais (Figura 30).

Figura 30 – Estudo de caso 1 – Medição por trilateração com uma diagonal



A área encontrada considerando a soma das áreas dos dois triângulos definidos pela diagonal de medida igual a 35,02m. A área de cada triângulo foi calculada pela fórmula de Heron, como apresentado no item 3.2:

$$A(1b) = A(I) + A(II)$$

$$A(1b) = 191,55\text{m}^2 + 197,44\text{m}^2$$

$$\mathbf{A(1b) = 388,99\text{m}^2}$$

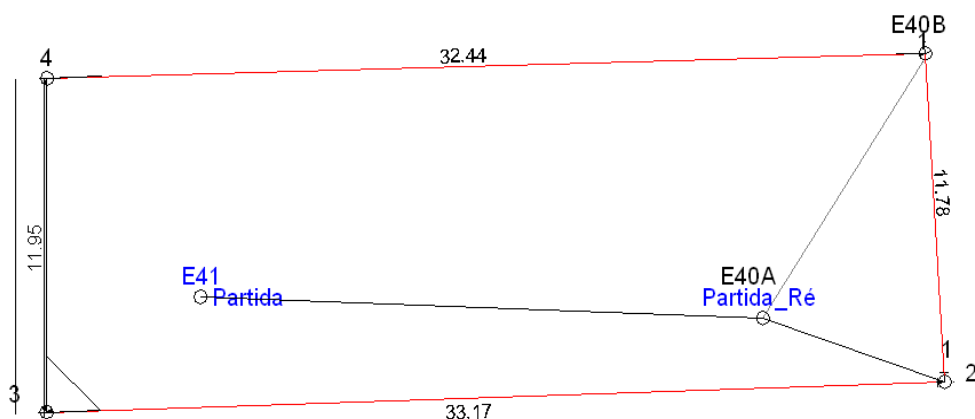
A medição de somente uma diagonal de um quadrilátero possibilita uma solução única, e, portanto, estatisticamente não confiável. Recomenda-se, pois, a medição da segunda diagonal, o que permite uma avaliação da qualidade das medições, possibilitando inclusive o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados. No entanto, no lote avaliado nesse estudo de caso 1, não foi possível realizar a medição direta da segunda diagonal devido a existência de barreiras físicas.

O método da trilateração com medição das duas diagonais, com e sem ajustamento pelo MMQ, foi realizada no estudo de caso 2 (item 4.2)

4.1.3. Medição cadastral 1c – método polar ou irradiação

O método da Irradiação, também chamado de Método das Coordenadas Polares, se baseia na instalação do equipamento “estação total topográfica” em um determinado ponto, a partir do qual se realiza visadas para todos os pontos objetos de interesse, procedendo as medições angulares e lineares, conforme apresentado no item 2.3.3. No estudo de caso 1, esse método foi aplicado instalando-se a estação total em dois pontos (E40A e E41) no interior da parcela (Figura 31). Esses pontos foram usados para também para georreferenciar a medição cadastral, por meio de posicionamento relativo com receptores GNSS.

Figura 31 – Medição cadastral pelo método polar



Para o georreferenciamento, foram rastreados sinais L1 GPS no modo estático nos dois pontos (E40A e E41) no interior da parcela. Foi utilizado um receptor GPS, geodésico, marca Tech-Geo, modelo GTR1, frequência L1, com precisão diferencial nominal de 0,5cm + 1ppm no modo estático. O tempo de rastreamento foi de +/- 20 minutos para cada ponto, sendo utilizado o Datum Sirgas2000 como referência. Como parâmetros para o processamento da fase da portadora foram usados as coordenadas da Estação Base SSA1 (Capitania dos Portos) da RBMC/IBGE. O relatório do processamento GNSS dos pontos E40A e E41 encontra-se no Anexo E.

Na medição cadastral da parcela do estudo de caso 1 pelo método da irradiação, utilizou-se um Teodolito Geodetic, com precisão nominal de 5", estando acoplado um Distanciômetro eletrônico DMS3L com precisão nominal de 3mm + 5ppm. Os dados da caderneta de campo do levantamento polar é apresentada na Tabela 4. Foi necessário o levantamento de algumas distâncias complementares com a trena para detalhamento das paredes e muros, conforme Norma ABNT NBR13133, de maio de 1994, para levantamentos topográficos cadastrais.

O cálculo das coordenadas dos pontos foi realizado usando o aplicativo TopEVN específico de processamento de dados topográficos. Os resultados foram apresentados na Tabela 5. A partir das coordenadas calculadas dos pontos que definem os limites da parcela pelo método da irradiação, procedeu-se o cálculo, pela fórmula de Gauss, da área do polígono correspondente.

$$A1c = 389,05m^2$$

Tabela 4 - Caderneta de campo do levantamento polar

Ind	Cód.	Ré	Est.	P.V.	Desc.	Âng. Horiz.	Distância
1	VT	E40	E41	E40A	Estação	0°00'00" Hr	20,775 i
2	I	E40	E41	1	Canto	4°01'19" Hr	27,375 i
3	I	E40	E41	2	Canto	3°30'16" Hr	27,452 i
4	I	E40	E41	3	Canto	141°56'02" Hr	7,105 i
5	I	E40	E41	4	Canto	146°19'19" Hr	8,023 i
6	I	E40	E41	5	Canto	161°29'31" Hr	23,126 i
7	I	E40	E41	6	Canto	177°17'24" Hr	15,773 i
8	I	E40	E41	7	Canto	203°25'39" Hr	15,386 i
9	I	E40	E41	8	Canto	231°58'25" Hr	9,677 i
10	VT	E41	E40A	E40B	Estação	119°53'32" Hr	11,025 i
11	I	E41	E40A	9	Estação	120°42'38" Hr	10,901 i

Tabela 5 - Coordenadas calculadas pelo método da irradiação

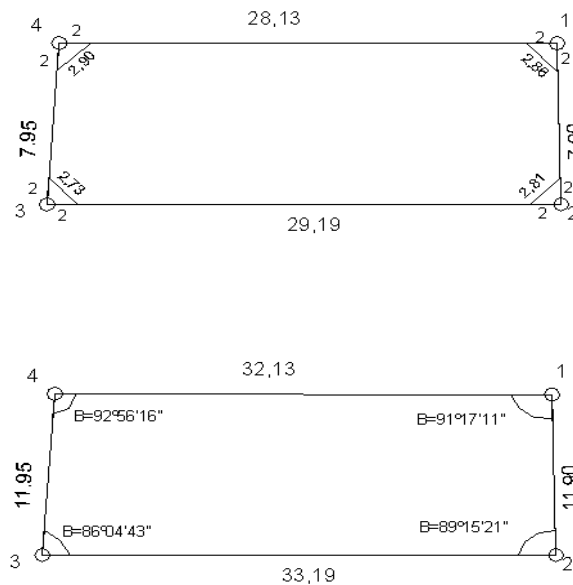
Gleba A								
De	Para	Azimute	Distância	Coord. E(X)	Coord. N(Y)	Fator K	Latitude	Longitude
1	2	176°35'19"	11,78 m	552.966,36	8.562.901,66	0,99963470	12°59'57.129777"S	38°30'41.665552"W
2	3	268°08'38"	33,17 m	552.933,20	8.562.900,59	0,99963466	12°59'57.166824"S	38°30'42.766101"W
3	4	0°06'46"	11,95 m	552.933,22	8.562.912,54	0,99963466	12°59'56.777900"S	38°30'42.766081"W
4	1	88°25'59"	32,44 m	552.965,65	8.562.913,42	0,99963470	12°59'56.747000"S	38°30'41.689572"W
Área: 389,048 m ²								
Perímetro: 89,343 m								

O método da irradiação com estação total topográfica possui muitas limitações práticas para a medição cadastral do interior das parcelas. No entanto, é um dos métodos mais adequados para a coleta de dados para definição geométrica de parcelas de grandes dimensões, bem como da quadra e das testadas dos lotes num cadastro em áreas urbanas.

4.1.4. Medição cadastral 1d – Poligonação à trena sem ajustamento

Os procedimentos para aplicação do método da poligonação à trena na medição cadastral foram apresentados no item 3.3. As medições correspondentes a esse método realizadas na parcela do estudo de caso 1 foram indicadas na Figura 32.

Figura 32 – Estudo de caso 1 – medição por poligonação à trena e ângulos horizontais calculados



Com as medidas lineares realizadas, calculou-se numa planilha eletrônica os ângulos horizontais internos do polígono, resultando:

$$(1) = 91^{\circ}17'11'' ; (2) = 89^{\circ}15'21'' ; (3) = 86^{\circ}04'43'' ; (4) = 92^{\circ}56'16''$$

Assim, no estudo de caso 1, as medições no método da poligonação a trena desse polígono de 4 vértices ($\sum A_i = 360^{\circ}$), resultaram num somatório dos ângulos internos medidos igual a $\sum A_i = 359^{\circ}33'31''$, e portanto o erro angular encontrado foi de $e=0^{\circ}26'29''$. Em poligonais topográficas, erros de fechamento angular dessa magnitude são tradicionalmente tratados como fora da tolerância admissível num levantamento topográfico convencional (ABNT, 1994). No entanto, no âmbito desta pesquisa, investigou-se a grandeza das incertezas posicionais resultantes da propagação dos erros cometidos nas distâncias medidas e nos ângulos horizontais determinados, independente da magnitude desses erros.

Assim, procedeu-se com o cálculo da poligonal fechada (tipo anel) em sua forma tradicional, usando o aplicativo TopEVN. Foram usados valores arbitrários para as coordenadas do ponto 2 e para o azimute do alinhamento 2/3 como referenciais locais. Os resultados do cálculo das coordenadas dos pontos limites da parcela foram sistematizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Coordenadas calculadas pelo método da poligonação à trena sem ajustamento

Gleba A					
De	Para	Azimute	Distância	Coord. E(X)	Coord. N(Y)
1	2	178°46'57"	11,90 m	187,00	89,15
2	3	270°00'00"	33,19 m	153,81	89,15
3	4	3°51'46"	11,95 m	154,61	101,07
4	1	90°02'44"	32,13 m	186,75	101,05
Área: 388,999 m²					
Perímetro: 89,172 m					

A partir das coordenadas calculadas dos pontos que definem os limites da parcela pelo método da poligonação à trena, procedeu-se o cálculo, pela fórmula de Gauss, da área do polígono correspondente, resultando:

$$A(1d) = 389,00m^2$$

Convém salientar que para maior confiabilidade desse procedimento torna-se necessário avaliar as incertezas posicionais. Isso foi possível calculando a poligonal a partir do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados, conforme mostrado no item 4.1.5.

4.1.5. Medição cadastral 1e – Poligonação à trena com ajustamento pelo MMQ

Trata-se do procedimento avaliado nesta pesquisa e recomendado para ser usado pelos órgãos responsáveis pela execução das medições cadastrais nas prefeituras municipais. O procedimento de campo é exatamente o mesmo realizado no item 4.1.4. O procedimento de cálculo, no entanto, não é a tradicional compensação de poligonais fechadas (tipo anel), que é amplamente usada na topografia. Com os recursos computacionais atualmente disponíveis, tornam-se bastante exequíveis realizar o ajustamento pelo método dos mínimos quadrados (MMQ) nos serviços topográficos, incluindo as medições cadastrais.

Nesta pesquisa, foi analisado os resultados obtidos no ajustamento pelo MMQ da medição cadastral pela poligonação à trena, com avaliação das incertezas posicionais. Foram calculadas as coordenadas dos pontos que definem os limites da

parcela e suas correspondentes incertezas posicionais. Foi usado o software "Adjust" - versão 6.0.2 CG Consulting (para uso educacional). Para esse cálculo, foi utilizada a opção "Programs", "LeastSquaresAdjustments", "Horizontal Adjustment".

O relatório do processamento com os dados de entrada e saída da medição cadastral e ajustamento por MMQ do lote avaliado no estudo de caso 1 encontra-se no Anexo F.

Os dados de entrada foram:

- a) parâmetros da poligonal: dois pontos de controle, dois pontos desconhecidos, quatro distâncias observadas, quatro ângulos horizontais observados.
- b) coordenadas aproximadas dos pontos desconhecidos (1 e 2).
- c) coordenadas dos pontos de referencia (3 e 4 da testada do lote) cujas coordenadas foram obtidas pelo método da irradiação com estação total topográfica (item 4.1.3).
- d) os valores das quatro distâncias observadas (lados da poligonal) e as correspondentes incertezas, estimadas em +/- 2cm.
- e) os valores dos quatro ângulos horizontais observados, calculados a partir das medidas lineares do método da poligonação a trena (item 4.1.4), com as correspondentes incertezas, estimadas em +/- 10'.

Os dados de saída foram as coordenadas ajustadas dos pontos do levantamento com as correspondentes elipses de erros pontuais, bem como as observações lineares e angulares ajustadas com as respectivas incertezas, a um nível de 95% de confiança. Os valores das coordenadas ajustadas e das elipses de erros pontuais foram apresentados na Tabela 7. As elipses de erros dos pontos desconhecidos (1 e 2) foram de aproximadamente 15cm no semieixo maior (S_u) e de 5cm no semieixo menor (S_v), e correspondem aos parâmetros a serem considerados para validar a qualidade da medição cadastral.

Tabela 7 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por poligonização à trena – estudo de caso 1

<i>Estação</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Sx</i>	<i>Sy</i>	<i>Su</i>	<i>Sv</i>	<i>t</i>
3	933.20	900.59	0.003	0.003	0.003	0.003	90.10°
4	933.22	912.54	0.003	0.003	0.003	0.003	90.10°
1	965.32	914.49	0.051	0.150	0.152	0.045	170.13°
2	966.30	902.65	0.045	0.153	0.153	0.045	2.78°

Sendo:

Sx , *Sy*: componentes lineares da elipse de erro pontual nos eixos X e Y do sistema de referencia

Su , *Sv*: semieixo maior e semieixo menor da elipse de erro pontual

t: orientação do semieixo maior da elipse de erro pontual em relação ao sistema de referencia

A partir das coordenadas ajustadas dos pontos que definem os limites da parcela pelo método da poligonização à trena com ajustamento MMQ (Tabela 7), procedeu-se o cálculo, pela fórmula de Gauss, da área do polígono correspondente, resultando:

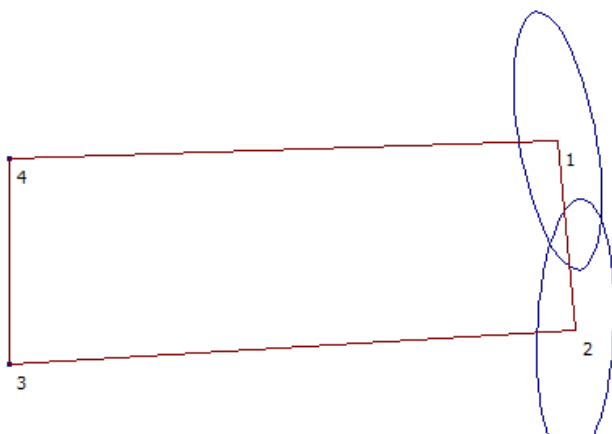
$$\mathbf{A(1e) = 388,88m^2}$$

Na Figura 33 tem-se a representação gráfica da medição cadastral pelo método da poligonização à trena do lote do estudo de caso 1, com a geometria da parcela e as elipses de erros correspondentes às incertezas posicionais. O desenho foi realizado pelo software “Adjust”. Para facilitar a visualização, as elipses de erros foram apresentadas com escala exagerada em 50 vezes maior.

Conforme pode ser verificado no resultado do processamento (Anexo F), o ajustamento não foi aprovado no teste estatístico do “*qui quadrado*” ao nível de significância de 95%, indicando a existência de prováveis erros grosseiros. Pela impossibilidade de se realizar outras medições nesse imóvel, devido ao início da construção de um prédio nesse terreno, optou-se em realizar um outro estudo de caso, objetivado avaliar de forma mais consistente os procedimentos de medição cadastral propostos nesta pesquisa (item 4.2).

Figura 33 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 1 – poligonação à trena com ajustamento por MMQ

Ellipse scale exaggeration 50.
Drawing scale is 1:0



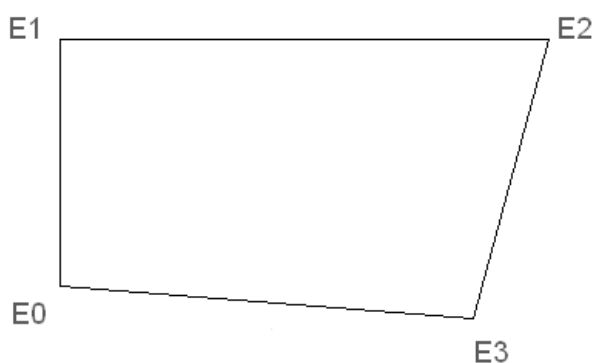
4.2. Medição cadastral – estudo de caso 2

No estudo de caso 1 (item 4.1) não foi possível validar de forma adequada os procedimentos de medição cadastral propostos nesta pesquisa – a trilateração e a poligonação à trena. Devido à existências de barreiras físicas, não foi possível realizar o posicionamento GNSS no modo relativo nos pontos que definem os limites da parcela do estudo de caso 1. E o início das obras de um prédio nessa parcela (lote), inviabilizou a realização de novas medições. Com isso não foi possível realizar no estudo de caso 1 o ajustamento por MMQ no método da trilateração, e nem investigar os prováveis erros grosseiros em medidas no método da poligonação à trena, detectado no teste do *qui quadrado* do ajustamento por MMQ.

Assim, foi necessário realizar outro experimento. O estudo de caso 2 correspondeu a um terreno situado a Rua Americano da Costa – Pituba – Salvador – BA. Nesse terreno, materializou-se uma parcela correspondente a um imóvel fictício com geometria irregular com quatro lados com dimensões distintas e não ortogonais,

simulando situações típicas em uma medição cadastral em parcelas urbanas. A Figura 34 apresenta a configuração geométrica da parcela do estudo de caso 2.

Figura 34 – Configuração geométrica da parcela do estudo de caso 2



A Figura 35 apresenta aspectos do trabalho de campo, medição com trena e rastreamento GNSS na área do estudo de caso 2.

Figura 35 – Trabalho de campo – medição com trena e rastreamento GNSS – estudo de caso 2



4.2.1. Medição cadastral 2a – somente com distâncias dos lados

Foram realizadas medidas das distâncias horizontais dos lados através de uma trena de fibra, posicionadas em duas alturas distintas na baliza: aproximadamente próximo ao terreno, aproximadamente no meio da baliza. Em todos os casos acoplou-se um nível de cantoneira nas balizas para verificação da verticalidade destas.

A Tabela 8 sistematiza os valores medidos das distancias horizontais correspondentes aos lados da parcela. No Grupo 1 tem-se as medidas tomadas com a trena posicionada aproximadamente no pé da baliza. No Grupo 2 as medidas tomadas com a trena posicionada aproximadamente no meio da baliza.

Tabela 8 – Medidas de distancias horizontais – método das distâncias somente – estudo de caso 2

Distancias	Grupo 1	Grupo 2
E0 – E1	11,60m	11,62m
E1 – E2	23,01m	22,99m
E2 – E3	13,66m	13,66m
E3 – E4	19,54m	19,54m
Área calculada	A(2a1)= 268,70 m²	A(2a2)= 268,79 m²

O cálculo da área da parcela foi realizado degenerando o polígono em um retângulo com lados ortogonais iguais às médias aritméticas entre as medidas dos lados opostos. Esse procedimento não tem sustentação técnica pois não caracteriza a geometria do polígono. No entanto e equivocadamente, esse procedimento é o mais usado pelas prefeituras municipais, com prejuízos aos contribuintes, pois resulta na área máxima do polígono com tais medidas de lados.

4.2.2. Medição cadastral 2b – Trilateração com distancias dos lados e diagonais sem ajustamento

Foram adotadas as medidas dos lados realizadas no item 4.2.1, acrescida das medidas das diagonais do polígono (Tabela 9). A diagonal (E1 – E3) foi medida no conjunto do Grupo 1, com a trena horizontalizada próximo do terreno. A outra diagonal (E0 – E2) foi medida no conjunto do Grupo 2, com a trena horizontalizada aproximadamente no meio da baliza. A Figura 36 apresenta a configuração geométrica do método. As medidas foram realizadas com as balizas verticalizadas com nível de cantoneira acoplado. O calculo da área foi realizado decompondo o polígono em triângulos, considerando as diagonais, usando a fórmula de Heron apresentada no item 3.2. A Tabela 9 sistematiza as medidas de campo e os cálculos das áreas.

Figura 36 – Configuração geométrica do método da trilateração – estudo de caso 2

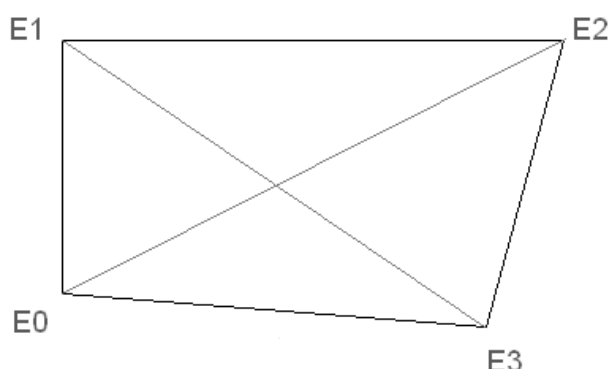


Tabela 9 – Medidas de distancias horizontais – método da trilateração

Distancias	Grupo 1	Grupo 2
E0 – E1	11,60m	11,62m
E1 – E2	23,01m	22,99m
E2 – E3	13,66m	13,66m
E3 – E0	19,54m	19,54m
E1 – E3	20,99m	
E0 – E2		27,92m
	$A(E0.E1.E3)= 111,74 \text{ m}^2$	$A(E0.E1.E2)= 130,39 \text{ m}^2$
	$A(E1.E2.E3)= 141,26 \text{ m}^2$	$A(E0.E2.E3)= 122,58 \text{ m}^2$
Área polígono	$A(2b1)= 253,00 \text{ m}^2$	$A(2b2)=252,97 \text{ m}^2$

Observa-se uma forte aderência do cálculo da área da parcela quando se compara os resultados com uma ou com a outra diagonal. O método da trilateração consiste num procedimento que deve ser usado pelas prefeituras municipais pois permitem uma avaliação da qualidade da medição cadastral de uma forma simples, rápida e confiável. No entanto, mesmo sendo um procedimento simples de medição cadastral, essa metodologia normalmente não é adotada pelas prefeituras municipais.

Os cálculos das áreas podem ser facilmente desenvolvidos em planilhas eletrônicas. Para maior confiabilidade desse método, quando forem medidas as duas diagonais do quadrilátero, geometria mais recorrente dos lotes urbanos, o cálculo das coordenadas dos pontos pode ser ajustado pelo método dos mínimos quadrados, conforme realizado no item 4.2.6.

4.2.3. Medição cadastral 2c – posicionamento relativo GNSS

Foram rastreados os pontos limites do polígono do estudo de caso 2 com receptor GPS GTR1 da Tech-Geo, no modo relativo estático. O relatório do processamento encontra-se no Anexo G, e as coordenadas sistematizadas na Tabela 10. Adotou-se o sistema SIRGAS 2000 e coordenadas processadas em UTM.

Tabela 10 – Coordenadas GNSS do polígono do estudo de caso 2

Ponto	E (m)	N (m)	Tempo rastreio
E0 (ACH181)	558064,190 +/- 0,006	8562737,971 +/- 0,005	17 min
E1 (ACH182)	558057,450 +/- 0,007	8562747,410 +/- 0,005	9 min
E2 (ACH183)	558072,860 +/- 0,006	8562764,520 +/- 0,005	9 min
E3 (ACH184)	558077,950 +/- 0,125	8562751,849 +/- 0,114	9 min

Verificou-se que o processamento de um dos pontos, E3 (ACH184), não “fixou”, e a solução “flutuante” encontrada resultou numa incerteza destoante dos demais pontos. A rigor, deveria ser realizada nova medição nesse ponto, mas isso não foi feito pelo fato da existência de barreiras físicas (prédios altos) no entorno do ponto. Além do mais, o método de posicionamento GNSS não foi avaliado nesta pesquisa enquanto método de medição cadastral, mas foi usado para o georreferenciamento dessa medição ao Sistema Geodésico Brasileiro. Portanto, essa medição GNSS não pode ser usada como padrão métrico para a avaliação da área do polígono do estudo de caso 2.

A partir das coordenadas da medição cadastral pelo método do posicionamento GNSS modo relativo, calculou-se a área do polígono pelo método de Gauss:

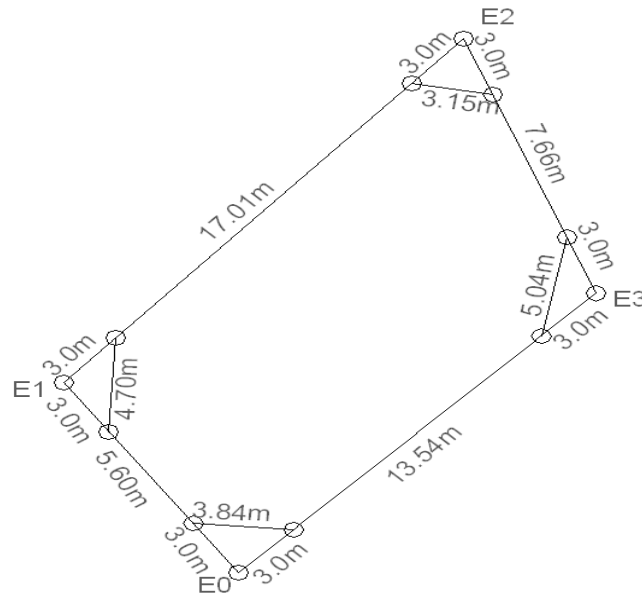
$$A(2c) = 252,88 \text{ m}^2$$

4.2.4. Medição cadastral 2d – Poligonação à trena sem ajustamento

Os procedimentos para aplicação do método da poligonação à trena na medição cadastral foram apresentados no item 3.3. Na parcela do estudo de caso 2, foi realizado procedimento análogo ao do estudo de caso 1 (item 4.1.4). As medições

correspondentes a esse método realizadas na parcela do estudo de caso 2 foram indicadas na Figura 37.

Figura 37: Levantamento elaborado pelo método da Poligonação a trena – estudo de caso 2



Com as medidas lineares realizadas, calculou-se numa planilha eletrônica os ângulos horizontais internos do polígono, resultando:

$$(E0) = 79^{\circ}35'01'' ; (E1) = 103^{\circ}08'01'' ; (E2) = 63^{\circ}20'11'' ; (E3) = 114^{\circ}16'49''$$

Assim, no estudo de caso 2, as medições no método da poligonação a trena desse polígono de 4 vértices ($\sum A_i = 360^{\circ}$), resultaram num somatório dos ângulos internos medidos igual a $\sum A_i = 360^{\circ}20'02''$, e portanto o erro angular encontrado foi de $e = +0^{\circ}20'02''$. Como já discutido, erros de fechamento angular em poligonais topográficas dessa magnitude são tradicionalmente tratados como fora da tolerância admissível num levantamento topográfico convencional (ABNT, 1994). No entanto, no âmbito desta pesquisa, investigou-se a grandeza das incertezas posicionais resultantes da propagação dos erros cometidos nas distancias medidas e nos ângulos horizontais determinados, independente da magnitude desses erros.

Assim, procedeu-se com o cálculo da poligonal fechada (tipo anel) em sua forma tradicional, usando o aplicativo TopEVN. O Relatório de medição encontra-se no Anexo H. Foram adotados os pontos de referencia “E0” e “E1” cujas coordenadas

foram determinadas pelo posicionamento GNSS (Tabela 10). O erro relativo de fechamento linear foi de 1/966, o que seria um erro inadmissível numa poligonal topográfica convencional para uma medição cadastral, mas aceitável para investigação, no âmbito desta pesquisa. Assim, admitindo-se os erros de fechamento angular e linear “dentro da tolerância”, calculou-se as coordenadas compensadas (Tabela 11), e a partir dessas, a área do polígono, resultando:

$$A(2d) = 251,53m^2$$

Tabela 11 - Coordenadas método poligonação à trena do estudo de caso 2

Ponto	Coordenada E(X)	Coordenada N(Y)
E0	558.064,19	8.562.737,97
E1	558.057,45	8.562.747,41
E2	558.072,67	8.562.764,68
E3	558.077,75	8.562.752,01

4.2.5. Medição cadastral 2e – Poligonação à trena com ajustamento pelo MMQ

Trata-se do procedimento recomendado nesta pesquisa para ser usado pelos órgãos responsáveis pela execução das medições cadastrais nas prefeituras municipais. No estudo de caso 2 foi realizado procedimento análogo ao realizado no estudo de caso 1, conforme apresentado no item 4.1.5.

Os dados de entrada foram os mesmos usados no item 4.2.4 – poligonação à trena sem ajustamento. O processamento dos dados foi realizado no software “Adjust” - versão 6.0.2 CG Consulting (para uso educacional). O relatório do processamento com os dados de entrada e saída da medição cadastral por poligonação a trena com ajustamento por MMQ do lote avaliado no estudo de caso 2 encontra-se no Anexo I.

Os dados de entrada foram:

- a) parâmetros da poligonal: dois pontos de controle, dois pontos desconhecidos, quatro distâncias observadas, quatro ângulos horizontais observados.
- b) coordenadas aproximadas dos pontos desconhecidos (E2 e E3).
- c) coordenadas dos pontos de referencia (E0 e E1 da testada do lote) cujos valores foram obtidos do processamento GNSS relativo (item 4.2.4).

- d) os valores das quatro distâncias observadas dos lados da poligonal, com as correspondentes incertezas estimadas em +/- 1cm.
- e) os valores dos quatro ângulos horizontais observados, calculados a partir das medidas lineares do método da poligonização a trena (item 4.2.4), com as correspondentes incertezas, estimadas em +/- 10'.

Os dados de saída foram as coordenadas ajustadas dos pontos do levantamento com as correspondentes elipses de erros pontuais, bem como as observações lineares e angulares ajustadas com as respectivas incertezas, a um nível de 95% de confiança. Os valores das coordenadas ajustadas e das elipses de erros pontuais foram apresentados na Tabela 12. As elipses de erros dos pontos desconhecidos (E2 e E3) foram de aproximadamente 4 cm no semieixo maior (S_u) e de 1cm no semieixo menor (S_v), e correspondem aos parâmetros a serem considerados para validar a qualidade da medição cadastral.

Tabela 12 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por poligonização à trena – estudo de caso 2

<i>Estação</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>S_x</i>	<i>S_y</i>	<i>S_u</i>	<i>S_v</i>	<i>t</i>
E0	64.190	737.971	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E1	57.450	747.410	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E2	72.635	764.702	0.0300	0.0234	0.0369	0.0093	126.93°
E3	77.749	752.037	0.0233	0.0250	0.0328	0.0095	137.30°

Sendo:

S_x , S_y : componentes lineares da elipse de erro pontual nos eixos X e Y do sistema de referencia

S_u , S_v : semieixo maior e semieixo menor da elipse de erro pontual

t : orientação do semieixo maior da elipse de erro pontual em relação ao sistema de referencia

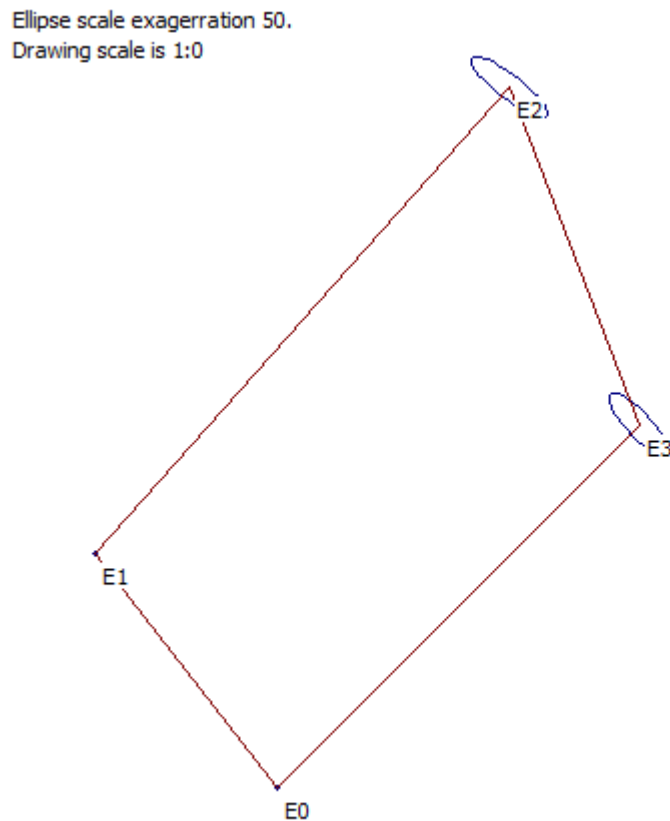
A partir das coordenadas ajustadas dos pontos que definem os limites da parcela pelo método da poligonização à trena com ajustamento MMQ (Tabela 12), procedeu-se o cálculo, pela fórmula de Gauss, da área do polígono correspondente, resultando:

$$A(2e) = 251,77m^2$$

Na Figura 38 tem-se a representação gráfica da medição cadastral pelo método da poligonação à trena do lote do estudo de caso 2, com a geometria da parcela e as elipses de erros correspondentes às incertezas posicionais. O desenho foi realizado pelo próprio software “Adjust”. Para facilitar a visualização, as elipses de erros foram apresentadas com escala exagerada em 50 vezes maior.

Conforme pode ser verificado no resultado do processamento (Anexo I), o ajustamento foi aprovado no teste estatístico do “*qui quadrado*” ao nível de significância de 95%.

Figura 38 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 2 – poligonação à trena com ajustamento por MMQ



4.2.6. Medição cadastral 2f – Trilateração com ajustamento pelo MMQ

Trata-se de procedimento igualmente recomendado para ser usado pelos órgãos responsáveis pela execução das medições cadastrais nas prefeituras municipais. No item 4.2.2 mostrou-se o método da trilateração numa medição cadastral sem realizar

o ajustamento das observações. Para uma maior confiabilidade do método da trilateração, quando forem medidas as duas diagonais do quadrilátero, geometria mais recorrente dos lotes urbanos, o cálculo das coordenadas dos pontos podem ser ajustadas pelo método dos mínimos quadrados.

Os dados de entrada foram os mesmos usados no item 4.2.2 – trilateração sem ajustamento – usando as medidas das duas diagonais do polígono. O processamento dos dados foi realizado no software “Adjust” - versão 6.0.2 CG Consulting (para uso educacional). O relatório do processamento com os dados de entrada e saída da medição cadastral por trilateração com ajustamento por MMQ do lote avaliado no estudo de caso 2 encontra-se no Anexo J.

Os dados de entrada foram:

- a) parâmetros da poligonal: dois pontos de controle, dois pontos desconhecidos, dez distâncias observadas.
- b) coordenadas aproximadas dos pontos desconhecidos (E2 e e2).
- c) coordenadas dos pontos de referencia (E0 e E1 da testada do lote) cujos valores foram obtidos do processamento GNSS relativo (item 4.2.3).
- d) os valores das dez distâncias observadas (4 lados da poligonal e 2 diagonais), sendo que cada lado foi medido 2 vezes e as diagonais apenas uma, com as correspondentes incertezas estimadas em +/- 1cm.

Os dados de saída foram as coordenadas ajustadas dos pontos do levantamento com as correspondentes elipses de erros pontuais, bem como as observações lineares e angulares ajustadas com as respectivas incertezas, a um nível de 95% de confiança. Os valores das coordenadas ajustadas e das elipses de erros pontuais foram apresentados na Tabela 13. As elipses de erros dos pontos desconhecidos (E2 e E3) foram de no máximo 2cm no semi-eixo maior (S_u) e de 0,6cm no semi-eixo menor (S_v), e correspondem aos parâmetros a serem considerados para validar a qualidade da medição cadastral.

Tabela 13 – Resultado do ajustamento por MMQ da medição cadastral por trilateração – estudo de caso 2

<i>Estação</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Sx</i>	<i>Sy</i>	<i>Su</i>	<i>Sv</i>	<i>t</i>
E0	64.190	737.971	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E1	57.450	747.410	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E2	72.832	764.513	0.0174	0.0119	0.0203	0.0059	122.16°
E3	77.963	751.835	0.0110	0.0143	0.0170	0.0060	144.63°

Sendo:

Sx , *Sy*: componentes lineares da elipse de erro pontual nos eixos X e Y do sistema de referencia

Su , *Sv*: semieixo maior e semieixo menor da elipse de erro pontual

t: orientação do semieixo maior da elipse de erro pontual em relação ao sistema de referencia

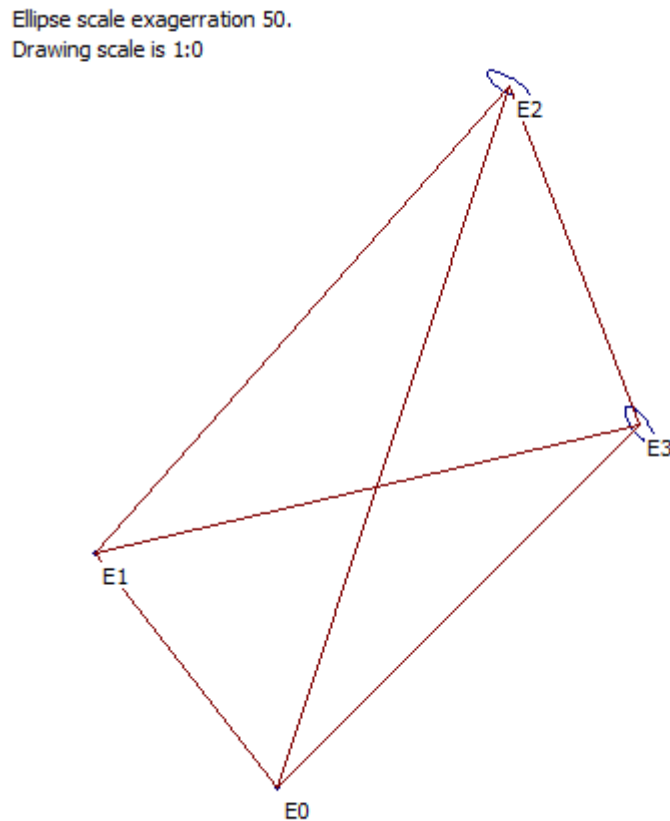
A partir das coordenadas ajustadas dos pontos que definem os limites da parcela pelo método da trilateração com ajustamento MMQ (Tabela 13), procedeu-se o cálculo, pela fórmula de Gauss, da área do polígono correspondente, resultando:

$$A(2f) = 253,11m^2$$

Na Figura 39 tem-se a representação gráfica da medição cadastral pelo método da trilateração do lote do estudo de caso 2, com a geometria da parcela e as elipses de erros correspondentes às incertezas posicionais. O desenho foi realizado pelo software “Adjust”. Para facilitar a visualização, as elipses de erros foram apresentadas com escala exagerada em 50 vezes maior.

Conforme pode ser verificado no resultado do processamento (Anexo J), o ajustamento foi aprovado no teste estatístico do “*qui quadrado*” ao nível de significância de 95%.

Figura 39 – Representação gráfica da medição cadastral do estudo de caso 2 – trilateração com ajustamento por MMQ



4.3. Análise dos resultados – estudos de casos 1 e 2

A análise dos resultados desta pesquisa teve por base o cálculo da área da parcela. Do ponto de vista do Cadastro, a posição (coordenadas) dos pontos que definem a parcela é o aspecto geométrico mais importante, pois a partir dele todos os demais elementos podem ser determinados. No entanto, na rotina da atividade cadastral nas prefeituras, nem sempre se considera a posição dos pontos, sendo a **área** superficial da parcela o elemento geométrico de maior interesse. Isso por que, nas prefeituras, o maior interesse no Cadastro é a taxaçaõ sobre o uso e ocupaçaõ do solo.

O método padrão de medição de lotes urbanos adotado pela maioria dos serviços cadastrais das prefeituras municipais brasileiras consiste somente na medição das distancias dos lados, calculando a área a partir da degeneração do polígono em um

retângulo com lados ortogonais iguais às médias aritméticas entre as medidas dos lados opostos. Trata-se de um procedimento equivocado, pois considera os lotes regulares, com lados contínuos ortogonais e lados opostos paralelos, sem que se execute a medição dos ângulos entre as extremas. Esse procedimento de medição não somente não tem sustentação técnica, mas também é o mais lesivo ao contribuinte por resultar na área máxima do polígono com tais medidas de lados.

No estudo de caso desta pesquisa, foram analisadas as diferenças das áreas calculadas em relação a cada método de medição avaliado. A Tabela 14 sistematiza os resultados encontrados no estudo de caso 1 (item 4.1). O valor mais provável da área da parcela do estudo de caso 1 corresponde ao da média aritmética entre os resultados com maior aderência: $(A1)=389,01\text{m}^2$. Nesse cálculo foram excluídos as áreas A(1f) e A(1g) por apresentarem valores muito destoantes.

Tabela 14 – Áreas calculadas da parcela do estudo de caso 1 (valores em m^2)

A(1a1)	A(1a2)	A(1b)	A(1c)	A(1d)	A(1e)	A(1f)	A(1g)
389,47	388,65	388,99	389,05	389,00	388,88	405,00	222,00
Média: $A1=389,01\text{m}^2$; desvio-padrão: $DV(A1)=0,27\text{m}^2$							

Onde,

A(1a1): somente com distancias dos lados - método do retângulo médio

A(1a2): somente com distancias dos lados - método do trapézio com um lado ortogonal

A(1b): trilateração com uma diagonal

A(1c): irradiação ou polar

A(1d): poligonação à trena sem ajustamento

A(1e): poligonação à trena com ajustamento

A(1f): área que consta no Contrato de Promessa de Compra e Venda (Anexo C)

A(1g): área que consta no Carnê de IPTU – PMS (Anexo D)

Os resultados encontrados para o cálculo da área superficial da parcela nos vários métodos avaliados no estudo de caso 2 (item 4.2) foram sistematizados na Tabela 15. O valor mais provável da área da parcela do estudo de caso 2 corresponde ao da média aritmética entre os resultados com maior aderência: $(A2)=252,54\text{m}^2$.

Nesse cálculo foram excluídos as áreas A(2a1) e A(2a2) por apresentarem valores muito destoantes.

Tabela 15 – Áreas calculadas da parcela do estudo de caso 2 (valores em m²)

A(2a1)	A(2a2)	A(2b1)	A(2b2)	A(2c)	A(2d)	A(2e)	A(2f)
268,70	268,79	253,00	252,97	252,88	251,53	251,77	253,11
Média: (A2)=252,54m ² ; desvio-padrão: DP(A2)=0,70m ²							

A(2a1): somente com distancias dos lados - método do retângulo médio – trena no pé da baliza

A(2a2): somente com distancias dos lados - método do retângulo médio – trena no meio da baliza

A(2b1): trilateração c/ diagonal 1 – trena no pé da baliza

A(2b2): trilateração c/ diagonal 2 – trena no meio da baliza

A(2c): GNSS relativo

A(2d): poligonação à trena sem ajustamento

A(2e): poligonação à trena com ajustamento

A(2f): trilateração com ajustamento

Analisando os resultados obtidos no **cálculo da área** pelos vários métodos de medição investigados nos **estudos de casos 1 e 2**, observou-se que:

- a) No estudo de caso 1 não foi possível adotar um método de medição como referencia, pois todos eles necessitariam de uma avaliação estatística mais adequada. Não foi possível avaliar a qualidade estatística dos resultados obtidos em cada um dos métodos de medição investigados, exceto o da poligonação a trena. No entanto, o ajustamento por mínimos quadrados aplicado no método da poligonação a trena, indicou prováveis inconsistências não sendo aprovado no teste estatístico do “*qui quadrado*” (item 4.1.5 e Anexo F). Seria então necessário realizar novas medições nesse lote, o que não foi mais possível.
- b) No estudo de caso 2 as medições foram conduzidas de forma a possibilitar a análise estatística da qualidade dos resultados das medições cadastrais dos

métodos investigados – poligonação a trena e trilateração. O ajustamento por mínimos quadrados foi aplicado nesses dois métodos sendo ambos aprovados no teste estatístico do “*qui quadrado*” (item 4.2.5 / Anexo I, e item 4.2.6 / Anexo J).

- c) Os métodos clássicos de medição cadastral por posicionamento GNSS relativo e o polar (poligonação / irradiação) com estação total topográfica, não foram objeto de investigação específica nesta pesquisa, por terem qualidade já demonstrada pela literatura especializada. Quando aqui usados, esses métodos foram aplicados para obter valores de referencia e/ou para o georreferenciamento da medição ao Sistema Geodésico Brasileiro.
- d) No estudo de caso 1, a área **A(1g)** da parcela que consta no carnê IPTU/PMS apresenta uma diferença próxima de 50% do valor da área mais provável, o que presume um erro evidente.
- e) No estudo de caso 1, a área **A(1f)** que consta no contrato de compra e venda, correspondente ao do Registro Imobiliário, apresentou uma diferença de 4,1% em relação à área mais provável do lote, bem próximo do limite de 5% passível de contestação com base no Código Civil Brasileiro;
- f) No estudo de caso 1, onde o lote apresenta uma geometria aproximadamente retangular, o método “da distância somente” adotado equivocadamente como padrão pelas prefeituras municipais no Brasil, apresentou uma diferença não significativa em relação ao valor mais provável, menos de 1%, e, portanto inferior aos 5% exigidos pelo Código Civil Brasileiro. Em parcelas com forma geométrica mais irregular, a exemplo da parcela do estudo de caso 2, tal diferença foi mais significativa, de 6,4% em relação ao valor mais provável, passível, portanto de contestações legais, o que demonstra a inconsistência desse procedimento;
- g) Os métodos da trilateração com uma ou duas diagonais, bem como o da poligonação à trena, apresentaram resultados do calculo da área que podem ser considerados de boa qualidade, com forte aderência ao valor mais

provável da área, com diferenças menores que 1%, tanto no estudo de caso 1 como no estudo de caso 2.

- h) O método da trilateração com diagonais múltiplas, e também o da poligonação à trena, além de serem procedimentos de baixo custo, podem ser facilmente implementados pelas prefeituras municipais. A vantagem desses métodos é que as medições podem ser ajustados por mínimos quadrados, possibilitando a análise estatística dos resultados. A desvantagem desses métodos é que não possibilita o georreferenciamento direto da parcela, devendo, portanto a medição ser “amarrada” à rede de referência cadastral.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O sistema cadastral brasileiro experimenta, nas áreas urbanas, a necessidade de seu aprimoramento, e para isso torna-se necessário a criação do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Como preconizado na Portaria 511/2009 do Ministério das Cidades, o CTM é um importante instrumento de apoio às ações municipais, por meio de integração de informações territoriais, sociais, econômicas, jurídicas, ambientais, dentre outras.

O CTM, dentre outros aspectos, apresenta diretrizes quanto à cartografia cadastral, devendo as medições atender aos seguintes requisitos básicos:

- a) Referenciar a medição geométrica da parcela ao Sistema Geodésico Brasileiro;
- b) Definir parâmetro de incerteza posicional;
- c) Avaliar os métodos de medição e equipamentos que podem ser utilizados de modo satisfatório;
- d) Vincular a obrigatoriedade da medição cadastral para se obter o registro do imóvel ou concessão de empreendimento.

A correta escolha dos equipamentos e dos métodos de medição, bem como os cuidados na coleta de dados em campo são fatores preponderantes na definição da qualidade da medição, devendo ser atendido os critérios técnicos especificados. Além da determinação do valor da incerteza posicional, que foi investigado nesta pesquisa, deve ser feito um estudo para definir parâmetros de custo e tempo de execução de um levantamento cadastral que balizem a escolha de qual método de medição deverá ser empregado. Essa relação custo X benefício não foi aqui investigada, não obstante sua importância para a implantação de sistemas de cadastro territorial nos municípios.

Nesta pesquisa foram investigados procedimentos de medição cadastral em parcelas territoriais, visando o aperfeiçoamento do modelo de Cadastro Territorial em áreas urbanas quanto á caracterização geométrica da parcela. O pressuposto básico foi avaliar a adoção de métodos simples de medição cadastral, usando basicamente trenas e balizas na coleta de dados. Tais equipamentos já são de uso rotineiro dos setores de Cadastro das prefeituras municipais.

Os resultados obtidos nesta pesquisa constituem um importante subsídio técnico necessário ao desenvolvimento de um projeto de disseminação de bases de cadastros territoriais, de acordo com o perfil econômico da maioria dos municípios brasileiros, visando assim, beneficiar as comunidades socialmente excluídas – incluindo-os como cidadãos da informação – e ajudar tecnicamente a gestão governamental.

No Brasil, não se tem ainda especificações técnicas para a medição cadastral em áreas urbanas. Torna-se imprescindível, portanto, que para a medição cadastral de parcelas territoriais, deve-se buscar a construção de normas técnicas a exemplo do que já ocorre com a Norma Técnica no âmbito da Lei 10.267 de 28 de agosto de 2001, para georreferenciamento de Imóveis Rurais no Brasil. Tal iniciativa é importante para o atendimento à Lei 10.257 de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade, que estabelece Diretrizes Gerais da Política Urbana e regulamenta a Constituição Federal em seus artigos 182 e 183. Busca-se, com isso, promover o acesso a cadastros territoriais, quantitativos e qualitativos, visando a melhoria nas decisões municipais e regionais quanto ao planejamento urbano e ambiental.

Nesta pesquisa, os parâmetros de qualidade da medição cadastral foram avaliados executando um experimento prático em duas parcelas (imóvel / lote) na cidade do Salvador-BA, um no bairro da Federação (estudo de caso 1), e outro no bairro da Pituba (estudo de caso 2). Nesses experimentos, foram empregados desde os métodos convencionais de medição envolvendo trena e aparelhos óticos mecânicos de medida indireta aos mais modernos com medição eletrônica, como também o uso de posicionamento por satélites artificiais. O elemento geométrico da parcela

territorial (lote) que foi avaliado foi a área superficial calculadas pelos vários métodos e procedimentos investigados.

Convém salientar que os procedimentos de medição aqui investigados não substituem os levantamentos topográficos clássicos, método polar com estação total topográfica, ou posicionamento por satélites (GNSS). A adoção do(s) método(s) de medição deve estar condicionado ao local que vai ser levantado, considerando as dificuldades físicas, logísticas e operacionais, sendo comum, inclusive, utilizar vários métodos em um único levantamento cadastral.

Na medição cadastral de um município, o método polar com estação total e o posicionamento GNSS são mais adequados para as definições dos pontos da rede de referencia cadastral, assim como para as medições de parcelas rurais ou parcelas urbanas de grandes dimensões, e também para as caracterizações geométricas de quadras urbanas. Mas não são apropriados para as medições internas de parcelas (lotes) urbanos típicos.

Independente do método de medição cadastral, para possibilitar a multifinalidade dos dados de um sistema cadastral, torna-se necessário que a medição cadastral seja georreferenciado ao Sistema Geográfico Brasileiro. Com o advento do GNSS/GPS, essa possibilidade pode ser obtida com relativa facilidade e grande precisão, diminuindo bastante o trabalho de campo e de escritório nos levantamentos. No entanto, o emprego dessa tecnologia, requer que se tenha uma cobertura de um mínimo de satélites, sem obstáculos, e isso nem sempre é possível em áreas urbanas, particularmente em casos de aglomerações de construções e edifícios, assim como interferências de redes de energia elétrica.

Nesta pesquisa, investigou-se a qualidade da medição cadastral de parcelas territoriais urbanas (lotes), especificamente dos métodos da “trilateração” e do aqui denominado de “poligonação à trena” com ajustamento das observações pelo método dos mínimos quadrados. A vantagem em adotar o ajustamento pelo MMQ consiste na possibilidade de se avaliar a qualidade estatística da medição, com determinação das incertezas posicionais.

Avaliou-se a possibilidade do uso desses dois métodos de medição cadastral pelas prefeituras municipais. Em se tratando de uma medição cadastral onde se busca qualidade métrica aceitável da parcela, individualmente, e com baixo custo, e considerando os resultados obtidos como demonstrados nessa pesquisa, recomenda-se o uso dos métodos da trilateração e da poligonação à trena na medição cadastral em parcelas urbanas. Essa simples medida daria um grande ganho qualitativo aos dados cadastrais, corrigindo os evidentes equívocos apresentados normalmente nas Fichas de Cadastro Imobiliário adotadas pelas prefeituras.

Como recomendações gerais, destaca-se a necessidade de se adotar nas rotinas dos setores de Cadastro das prefeituras os métodos de medição cadastral investigados, a trilateração e a “poligonação à trena” com ajustamento das observações pelo método dos mínimos quadrados. Para tanto seria necessário adaptar as Fichas de Cadastro Imobiliário, bem como capacitar as equipes técnicas para a medição cadastral e para o processamento dos dados. Seria necessário também desenvolver rotinas mais amigáveis para o ajustamento das medições cadastrais pelo método dos mínimos quadrados.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Coletânea de Normas de Gestão Ambiental, NBR 14166 e NBR 13133**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BAHIA, SEFAZ. **Ficha de Cadastro Imobiliário**. Análise das cartas do mapeamento cadastral urbano no Brasil: proposta de normatização da simbologia, Salvador, 2006. Disponível em: <http://www.sefaz.salvador.ba.gov.br>. Acesso em: 10 de agosto de 2008

BLACHUT, T.J.; CHRZANOWSKI, A.; SAASTAMOINEN, J.H.: **Urban Surveying and Mapping**. New York, Springer Verlag, 1979.

BORTOT, A. **O uso do cadastro técnico multifinalitário na avaliação de impactos ambientais e na gestão ambiental nas atividades de mineração**. Criciúma: Ed. do autor, 2002.

BOSCATTO, F.; OLIVEIRA, F. H. **Cartografia Cadastral Urbana e os Certificados de Potencial Adicional de Construção – CEPAC**. In: COBRAC 2006 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis, Out. 2006.

BRANDÃO, A. C.; ROCHA, R.S.; PHILIPS, J. **Exatidão Posicional do Cadastro Imobiliário**. In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre, out. 2001.

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

BRASIL. **Estatuto da Cidade: Lei nº 10.257**, de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília: Câmara dos Deputados, 2001.

BRASIL, **Lei nº 10.267**, de 28 de agosto de 2001. Altera dispositivos das Leis nos 4.947, de 6 de abril de 1966, 5.868, de 12 de dezembro de 1972, 6.015, de 31 de

dezembro de 1973, 6.739, de 5 de dezembro de 1979, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências. Câmara dos Deputados, 2001.

BURITY, E. F. **Qualidade de Dados para o Mapeamento**. In: XIX Congresso Brasileiro de Cartografia. Outubro de 1999. Recife, PE.

CINTRA, J. P; NERO, M. A. **Documentos Cartográficos: Determinação do PEC**. In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia. **Anais**. Porto Alegre-RS. 2001

DAVIS JR., C.A. A polêmica da Representação de Lotes em GIS Urbano nº 37/2005, **Revista Info Geo**. Curitiba. Pp. 39-40.

ERBA, Diego Afonso. **Importância dos aspectos jurídicos no Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis, Dissertação de Maestría em Ingeniería Civil, UFSC. 1995.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

HASENACK, Markus. **Originais do levantamento topográfico cadastral: possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC, 2000.

INCRA, **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**, 1ª Ed. 2003.

KAHMEN & FAIG, (1998) - KAHMEN, H., FAIG, W. **Surveying**. Berlim: Walter Gruyter e Co, 1988.578 p.

LOCH, Carlos. **Cadastro Técnico Multifinalitário no Brasil**. In: III Encontro dos Órgãos da Terra e I Seminário Nacional de Cadastro Técnico Multifinalitário para Órgãos da Terra. **Anais**. Florianópolis, 1993. Pp. 01-05.

MÔNICO, J.F.G. **Posicionamento Pelo NAVISTAR- GPS: Descrição, Fundamentos e aplicações.** Ed. Unesp. SP. 2000.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** 2ª. ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005.

PELEGRINA, M. A. **Diagnóstico da Cartografia Aplicada ao Cadastro Fiscal - Estudo de Caso Município de Cascavel – PR.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, Julho de 2010.

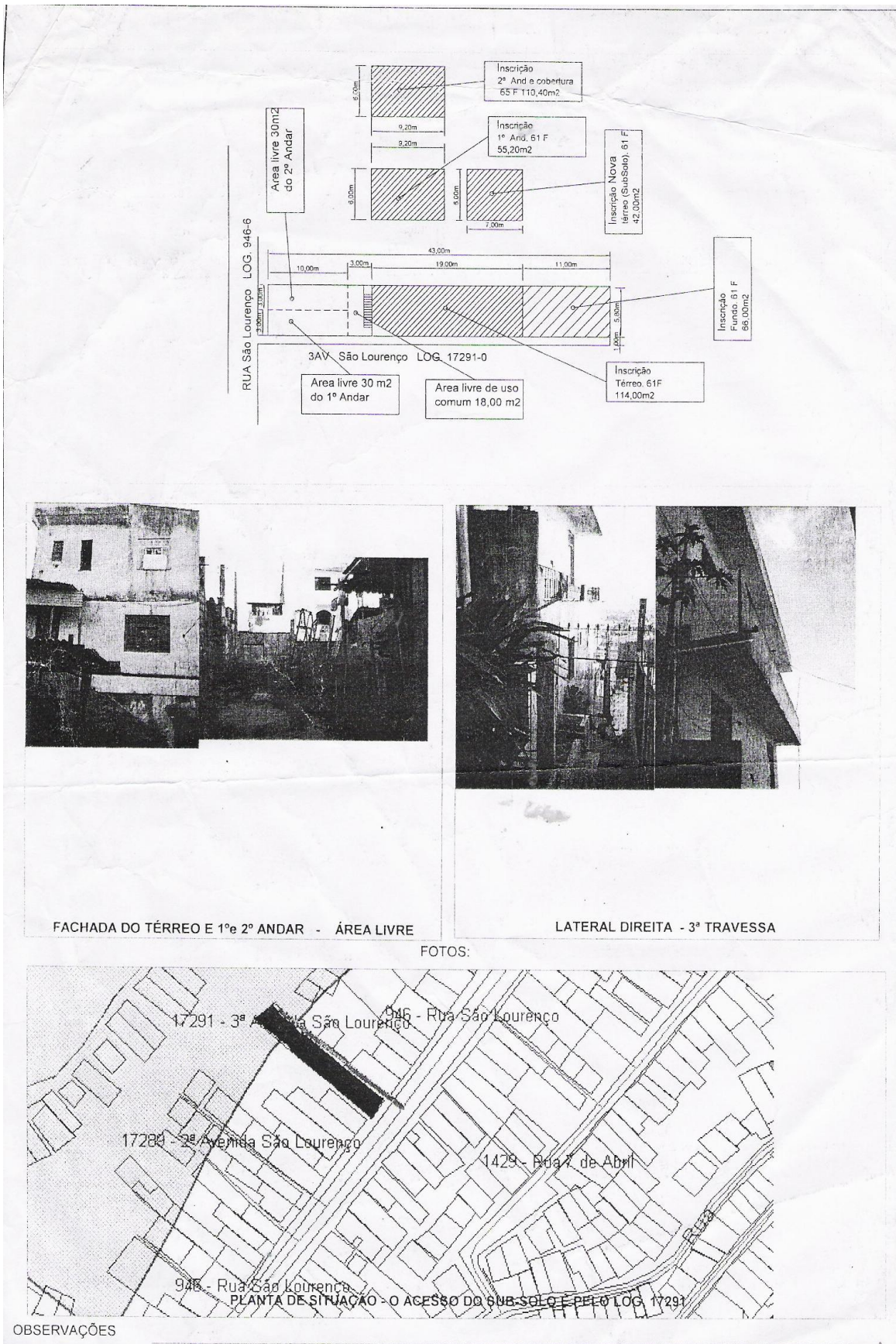
SOUZA, Marcelo Lopes de. **Mudar a cidade:** uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

TEIXEIRA, Ivandi Silva. **Um modelo de evidências sobre riscos ambientais para a gestão pública em Belém do Pará: fundamentado na auditoria interna e ambiental.** Florianópolis, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D. **Elementary Surveying An Introduction to Geomatics.** Prentice Hall, 2002.

FCI - FICHA DE CADASTRO IMOBILIÁRIO				PMS - SEFAZ-CTI		Pág. 01/02	
Identificação do Contribuinte							Rev. 07
Nº Inscrição Imobiliária		Tipo de Pessoa			RG		
CPF/CNPJ		Nome fasdfadsfads					
01 - Localização							
Cod. Lograd.	000000-0	Faixa Lograd.	Logradouro			Nº Métrico	
Unidade	Conjunto					Nº Porta	
Bloco	Edifício:			Sub-Unidade		Nº Sub-Unidade	
Loteamento	Pavimento		Quadra	Lote			
Bairro							CEP:
Ponto de Referência							
Cod. Lograd. Tribut.	Faixa Logr. Tribut.	Nome do Logradouro de Tributação					
02 - Contribuinte							% Participação ----- 0 %
Qualificação			Responsável		Destinatário		
Cod. Lograd.	Logradouro					Nº Porta	
Complemento				Edifício			
Bairro	CEP	Município	UF	Telefone			
03 - Responsável							
Tipo de Pessoa		Condição			Destinatário		
CPF/CNPJ		Nome					
Cod. Lograd.	Logradouro					Nº Métrico	
Conjunto						Nº Porta	
Bloco	Edifício			Loteamento			
Sub-Unidade	Quadra	Lote	Bairro				
Município	UF	CEP	Telefone				
e-mail		Ponto de Referência					
04 - Destinatário							
Tipo de Pessoa		Condição					
CPF/CNPJ		Nome					
Cod. Lograd.	Logradouro					Nº Métrico	
Conjunto						Nº Porta	
Bloco	Edifício			Loteamento			
Sub-Unidade	Quadra	Lote	Bairro				
Município	UF	CEP	Telefone				
e-mail		Ponto de Referência					
05 - Medidas							
05.1 DADOS RELATIVOS AO TERRENO							
Testada 1 - Frente (m)	Cod. Logradouro	000000-0	Faixa	Profundidade Média (m)			
Testada 2 - Esquerda (m)	Cod. Logradouro	000000-0	Faixa	Área Constr. Coberta (m2) 0,00			
Testada 3 - Fundo (m)	Cod. Logradouro	000000-0	Faixa	Área Constr. Descoberta (m2) 0,00			
Testada 4 - Direita (m)	Cod. Logradouro	000000-0	Faixa	Área Livre (m2) 0,00			
Área total de uso comum (m2)	0	Área não Edificável (m2)		Área Total (m2) 0,00			
Dominio		A quem ?					
05.2 DADOS RELATIVOS À UNIDADE IMOBILIÁRIA							
Área Interna (m2)	0,00	Fração Ideal (m2)	0,00	Área Constr. Descoberta (m2)			
Área Garagem/Estacionamento (m2)	0,00	Área Privativa - Terreno (m2)	0,00	Área Sobreloja (m2):			
Área Privativa - Construção (m2)	0,00	Área de uso comum no terreno (m2)	0,00	Área Mezanino (m2):			
Área de uso comum da construção (m2)	0,00	Nº Depósitos		Nº Vaga(s) da garagem coberta(s):			
Área Real - Construção (m2)				Nº Vaga(s) garagem descoberta(s)			
05.3 DADOS RELATIVOS AO CÁLCULO DE TRIBUTAÇÃO							
Área do terreno (m2): 0,00				Área da Construção (m2) 0,00		Fator de Correção da Construção: 1,00	
						Fator de Correção do Terreno: 1,00	
						Fator de correção do Valor Venal: 1,00	

ANEXO B – Exemplo de registro da medição cadastral anexada à FCI da SEFAZ/PMS



OBSERVAÇÕES

ANEXO C – Contrato de venda e compra – estudo de caso 1

PROMESSA DE COMPRA E VENDA

Por esta PROMESSA DE COMPRA E VENDA¹, de um lado **VÂNIA DA SILVA RABELO LEITE**, brasileira, divorciada, pedagoga, devidamente inscrita no RG, SSP/BA, sob o n. 332583, bem como no CPF/MF sob o n. 490.272.715-34, **ARIANA FERREZ RABELO LEITE**, brasileira, solteira, estudante, devidamente inscrita no CPF/MF sob o n. 823.770.066-13, bem como no RG, SSP/BA, sob o n. 0037459583, residente e domiciliada na Rua Desembargador Demétrio Tostello, Casa 02, Jardim Apipema, Salvador, Bahia, CEP 40.155-010, **VERÔNICA MUIÑOZ SALDAS**, brasileira, casada, cirurgiã dentista, devidamente inscrita no CPF/MF sob o n. 154.179.435-38, bem como no RG, SSP/BA, sob o n. 1190330-40, residente e domiciliada na Rua Arthur Gomes de Carvalho, n. 103, Apto. 02, Salvador, Bahia, CEP 40.155-010, **JOÃO DE DEUS DOS SANTOS SILVA**, brasileiro, casado, comerciante, devidamente inscrito no CPF/MF sob o n. 00000000, bem como no RG, SSP/BA, sob o n. 00000000, residente e domiciliado na Rua Arquibaldo Paesista, n. 100, Apto. 02, Pôrto Novo, Salvador, Bahia, **FRANCISCO LUIZ VIEIRA DE ALMEIDA**, brasileiro, solteiro, engenheiro de arquitetura, devidamente inscrito no CPF/MF sob o n. 00000000, bem como no RG, SSP/BA, sob o n. 00000000, residente e domiciliada na Rua Aristides Novis, n. 63, Apto. 02, Salvador, Bahia, **FRANCISCO LUIZ VIEIRA DE ALMEIDA**, brasileiro, casado, devidamente inscrito no CPF/MF sob o n. 894.461.605-10, bem como no RG, SSP/BA, sob o n. 00000000, residente e domiciliada na Av. Miguel Nogueira, Cepim, n. 400, Apto. 02, Ed. Serra Atlântica, Pituba, Salvador, Bahia, CEP 40.140-045, doravante denominado **COMPROMITENTES-VENDEDORES**; de outro lado **MB INVESTIMENTOS E PARTICIPAÇÕES LTDA**, pessoa jurídica de direito privado, devidamente inscrita no CNPJ sob o n. 00.000.000/0001-00, situada na Rua Professor Aristides Novis, n. 63, Apto. 02, CEP 40.140-045, representada por seu sócio **MANOEL JOAQUIM FERREIRA DE SOUZA**, brasileiro, casado sob o regime de comunhão total de bens, devidamente inscrito no RG, SSP/DF, sob o n. 00000000, bem como no CPF/MF sob o n. 00000000, residente e domiciliado na Rua Professor Aristides Novis, n. 63, Apto. 02, CEP 40.140-045, doravante denominada **COMPROMISSÁRIA-COMPRADORA**, têm entre si justo e acordado o que se segue:

Cláusula 1ª – Os **COMPROMITENTES-VENDEDORES** são legítimos herdeiros², conforme constante em ação judicial n. 0000000000, que tramita na 1ª Vara de Sucessão da Comarca do Salvador, Bahia, Brasil, do imóvel número 15, Quadra “A”, da respectiva planta Estrada de São Lázaro, hoje Rua Aristides Novis, subdistrito da Vitória, zona urbana desta capital, medindo de largura na frente e no fundo 12,00 metros, de cada lado 33,75 metros, devidamente registrado no 1º Ofício de Registro de Imóveis, da Comarca do Salvador, à margem da transcrição 6.262, à fl. 132, do Livro 3-J, bem como as benfeitorias que nele se encontram, quais sejam: (i) uma casa térrea, cujo número é o 03 de porta, inscrição municipal n. 6.262, contendo na fachada duas janelas de frente, portão, toda murada pela frente e ao lado, porta de entrada, e, internamente, sala de visitas, sala de jantar, cozinha, sanitário, dependências e garagem.

¹ Art. 1.417, do CC/02 - Mediante promessa de compra e venda [...] celebrada por instrumento [...] particular [...] adquire o promitente comprador direito real à aquisição do imóvel.

² Art. 1.784, do CC/02 - Aberta a sucessão, a herança transmite-se, desde logo, aos herdeiros legítimos e testamentários

três quartos com janelas; (ii) pequeno apartamento, construído sobre a cobertura da casa n. 03, com entrada independente, pelo lado da casa, o qual foi inscrito na Prefeitura sob o n. 310.860, composto de sala, quarto, cozinha e instalações sanitárias, com a área construída de 39,00 m²; (iii) casa pequena, cuja inscrição municipal é a de n. 310.859, composta de dois quartos, sala de jantar, cozinha, instalações sanitárias e dependências para empregados, com área construída de 74,00 m².

Cláusula 2ª – Pelo presente instrumento de Promessa de Compra e Venda, os **COMPROMITENTES-VENDEDORES** e o **COMPROMISSÁRIA-COMPRADORA** contratam a venda e a compra do bem imóvel descrito na cláusula 1ª³, bem como das benfeitorias que nele se encontram, mediante os termos estabelecidos nas cláusulas seguintes.

Cláusula 3ª – O preço total da promessa de venda *ad corpus* do imóvel acima identificado é de R\$ 250.000,00 (duzentos e cinquenta mil reais). Tal valor será pago através de sinal, no montante de R\$ 34.000,00 (trinta e quatro mil reais), na data da assinatura da presente promessa, através de dois cheques, um no valor de R\$ 10.000,00 (dez mil reais) e outro no valor de R\$ 24.000,00 (vinte e quatro mil reais), sendo eles do Banco Bradesco, Agência 3072-4, Conta Corrente 048670-1, números 000786 e 000787, respectivamente, e o restante, é dizer, R\$ 216.000,00 (duzentos e dezesseis mil reais), quando da lavratura da escritura pública⁴ de compra e venda. Para pagamento feito mediante título de crédito extrajudicial, a exemplo dos cheques acima identificados, a quitação do mesmo ficará condicionada à sua compensação.

Cláusula 4ª – A **COMPROMISSÁRIA-COMPRADORA**, uma vez firmado este instrumento e pago o sinal, entrará na posse do imóvel no dia 15 (quinze) de outubro de 2009 (dois mil e nove), mas sempre em nome dos **COMPROMITENTES-VENDEDORES**, até escritura definitiva.

Cláusula 5ª – A **COMPROMISSÁRIA-COMPRADORA** poderá realizar no imóvel as benfeitorias úteis, necessárias e voluptuárias que entender, ficando, todas, incorporadas àquele, sem direito a indenizações. Em qualquer caso, tais benfeitorias deverão obedecer às posturas municipais.

Cláusula 6ª – Verificado o término da ação judicial n. [REDACTED], que tramita na [REDACTED] Sucessão da Comarca do Salvador, Bahia, Brasil, a **COMPROMISSÁRIA-COMPRADORA**, uma vez avisado pelos **COMPROMITENTES-VENDEDORES**, providenciará, após a emissão do formal de partilha, no prazo de 01 (um) mês, a escritura definitiva do imóvel em nome destes, assumindo⁵, além disso, a obrigação de adimplir as despesas respectivas, incluído as decorrentes do registro competente.

Parágrafo Único – Fixa-se, para o término ação judicial n. [REDACTED] que tramita na [REDACTED] de Sucessão da Comarca do Salvador, Bahia, Brasil, o prazo de 120 (cento e vinte) dias, contados da assinatura desta promessa. Caso não se verifique o


³ Art. 483, do CC/02 - A compra e venda pode ter por objeto coisa [...] futura.

⁴ Art. 108, do CC/02 - Não dispondo a lei em contrário, a escritura pública é essencial à validade dos negócios jurídicos que visem à constituição, transferência, modificação ou renúncia de direitos reais sobre imóveis [...].

⁵ Art. 490, do CC/02 – Salvo cláusula em contrário, ficarão as despesas de escritura e registro a cargo do

[Handwritten signatures and initials]

ANEXO D – Carnê do IPTU – estudo de caso 1




PREFEITURA DO SALVADOR
Secretaria Municipal da Fazenda

DOCUMENTO DE ARRECAÇÃO MUNICIPAL - DAM
IPTU / TRSD

CONTRIBUINTE:		INSCRIÇÃO:		CLASSIFICAÇÃO:	
CÓDIGO LOGRADOURO: 155-9		NOME LOGRADOURO: RUA PROFESSOR ARISTIDES NOVIS		RESIDENCIAL	
SUB-NÚMERO:		QUADRA:	LOTE:	BARRIO:	
		FEDERAÇÃO			
IPTU - IMPOSTO SOBRE A PROPRIEDADE PREDIAL E TERRITORIAL URBANA					
TERRENO	ÁREA ÚTIL PRIVATIVO (m²):	VUP:	FATOR DE CORREÇÃO:	FATOR DE GLEBA:	ÁREA EXCEDENTE (m²):
	222,00	225,32	1,00	0,00	0,00
EDIFICAÇÃO:	ÁREA (m²):	VUP:	FATOR DE CORREÇÃO:	ÁREA CONSTRUIDA DESCRITIVA (m²):	ÁREA MEZANINO (m²):
F	117,00	145,18	1,00	0,00	0,00
COMPOSIÇÃO DO TRIBUTO		FATOR DE CORREÇÃO:	ALÍQUOTA (%):	VALOR DO TRIBUTO:	PREÇO PÚBLICO:
VALOR VENAL:		1,00	0,20	134,01	4,94
TRSD - TAXA DE COLETA, REMOÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DOMICILIARES					
TIPO UNIDADE:	ZONA:	ÁREA (m²):			
RESIDENCIAL	MÉDIA	117,00			
VALOR P/m² - FIXO:	VALOR DA TAXA:				
1,85	199,41				

DADOS PARA PAGAMENTO			
EXERCÍCIO:	COTA:	VENCIMENTO:	NÃO RECEBER APÓS:
2008	ÚNICA	08/02/2008	30/10/2009
OBSERVAÇÕES:		VALOR DEVIDO - R\$	338,36
RECEBER SEM ENCARGOS E COM DESCONTO NA COTA ÚNICA ATÉ O DIA 29/02/2008		VALOR C/ DESCONTO - R\$	-
		ATUALIZ. MONETÁRIA - R\$	20,64
		MULTA DE MORA - R\$	35,90
		JUROS DE MORA - R\$	71,80
		VALOR A PAGAR - R\$	466,70
SAT_AMSPAM - 05/10/2009			




8167000004-4 66703776200-8 91030280108-9 00000694797-2

VIA - CONTRIBUINTE

⌋ AUTENTICAÇÃO MECÂNICA ⌋


VALIDO SOMENTE SE AUTENTICADO MECANICAMENTE POR BANCO AUTORIZADO

Destrua aqui ⌋



8167000004-4 66703776200-8 91030280108-9 00000694797-2

ATENÇÃO: NÃO AMASSE, NÃO DOBRE, NÃO PERFURE

 <p>Prefeitura do Salvador Secretaria Municipal da Fazenda</p>		<p>DOCUMENTO DE ARRECAÇÃO MUNICIPAL - DAM IPTU / TRSD</p>	
EXERCÍCIO:	COTA:	VENCIMENTO:	INSCRIÇÃO:
2008	ÚNICA	08/02/2008	069.479-7
NÃO RECEBER APÓS:		VALOR DEVIDO - R\$	338,36
30/10/2009		VALOR C/ DESCONTO - R\$	-
		VALOR A PAGAR - R\$	466,70

ANEXO E – Relatório do processamento GNSS dos pontos E40A e E41 da parcela do estudo de caso 1

```

EZSurv Post Processor 2.23                                RESUMO DA LINHA-BASE
RESUMO: SSA1-Estatico40                                  RESUMO OCUPAÇÃO N°. : 01

Projeto:          Novo Projeto                               [2ua]
Data de processamento: 31/03/2010 13:40:10 (UTC)
Órbitas:          Transmitidas                               Modelo de hora: Transmitidas
Sistema de coordenadas: UTM-SIRGAS [Universal Tra...] Datum: SIRGAS
Modelo de geóide: <Nenhuma>
Corte de elevação: 10

-----
ESTAÇÃO BASE (SSA1) [C:\GPS\Terreno Feceração Mestrado\BASE\ssa10881.10o]
-----
Ocupação do Marco: 01          Altura da antena: 0.000 [Inclinada: 0.000]
Intervalo de gravação: 15.00 segundos  Modelo da antena: <None>

WGS84
Lat:  S 12 58 30.56940
Lon:  O 38 30 59.34471

UTM-SIRGAS (metros)
X:          552438.837
Y:          8565561.753
SCF:        0.9996340
CM:         0 39

Elevação (metros)
Alt:        -2.050
Ond:        0.000
NMM:        -2.050

-----
ESTAÇÃO REMOTA (Estatico40) [C:\...\ROVER\01057017-100329.OBS]
-----
Ocupação do Marco: 01          Altura da antena: 3.607 [Inclinada: 3.544]
Intervalo de gravação: 5.00 segundos  Modelo da antena: GTR1 (metros)

WGS84 (metros)          UTM-SIRGAS (metros)
Lat:  S 12 59 57.03220  +/- 0.008  X:          552938.889  +/- 0.007
Lon:  O 38 30 42.57754  +/- 0.007  Y:          8562904.714  +/- 0.008
SCF:        0.9996347
CM:         0 39

Elevação (metros)
Alt:        50.407 +/- 0.011
Ond:        0.000
NMM:        50.407

-----
RESULTADOS DA LINHA-BASE
-----
Tipo de solução: Li (Fixada)          Intervalo de processamento: 5.00 segundos
Intervalo de tempo: 25/03/2010 17:42:21.00 a 29/03/2010 18:06:25.99 [24.1 min.]
Observações: 2247          Observações usadas: 2247 [100.00%]
RMS (metros): 0.017          Fator de Qualidade: 3.2
RDOP: 0.09
Satélites usados: 02 05 10 12 21 24 27 29 30

Vetor ECEF (metros)          SIRGAS          UTM-SIRGAS
dx: -112.546          AzPos: 169 13 55.82487          Az: 169 20 30.01749
dy: 735.358          AzAnt: 349 13 55.05674
dz: -2600.894          VAPos: 88 54 00.99542
          VAAnt: 91 07 26.99725

Dist3D (metros)          DistGeo (metros)          DistMap (metros)
2705.193          2705.193          2703.684

-----
MATRIZ COVARIÂNCIA INFERIOR (metros^2)
-----
8.009211e-05
-3.144914e-05          8.672902e-05
-2.700832e-06          -3.166594e-06          6.641116e-05

```

ESSurv Post Processor 2.23
RESUMC: SSA1-Estatico41

RESUMO DA LINHA-BASE
RESUMO OCUPAÇÃO N°. : 01

Projeto: Novo Projeto [2ua]
Data de processamento: 31/03/2010 13:40:10 (UTC)
Órbitas: Transmitidas Modelo de hora: Transmitidas
Sistema de coordenadas: UTM-SIRGAS [Universal Tra...] Datum: SIRGAS
Modelo de geóide: <Nenhuma>
Corte de elevação: 10

ESTAÇÃO BASE [SSA1] [C:\GPS\Terreno Federação Mestrado\BASE\ssa10981.100]

Ocupação do Marco: 01 Altura da antena: 0.000 [Inclinada: 0.000]
Intervalo de gravação: 15.00 segundos Modelo da antena: <None>

WGS84		UTM-SIRGAS (metros)	
Lat: S 12 58 30.56960		X:	552438.837
Lon: O 38 30 59.34471		Y:	8565561.753
		SCF:	0.9996340
		CM:	0 39

Elevação (metros)
Alt: -2.090
Gnd: 0.000
NNM: -2.090

ESTAÇÃO REMOTA (Estatico41) [C:\...\ROVER\01057017-100329-A.088]

Ocupação do Marco: 01 Altura da antena: 3.607 [Inclinada: 3.544]
Intervalo de gravação: 5.00 segundos Modelo da antena: GTR1 (metros)

WGS84		(metros)		UTM-SIRGAS (metros)	
Lat: S 12 58 57.05579	+/- 0.006	X:	552959.544	+/-	0.004
Lon: O 38 30 41.89182	+/- 0.004	Y:	8562903.950	+/-	0.006
		SCF:	0.9996347		
		CM:	0 39		

Elevação (metros)
Alt: 50.347 +/- 0.007
Gnd: 0.000
NNM: 50.347

RESULTADOS DA LINHA-BASE

Tipo de solução: L1 (fixada) Intervalo de processamento: 5.00 segundos
Intervalo de tempo: 29/03/2010 18:16:36.00 a 29/03/2010 18:40:56.00 [24.3 min.]
Observações: 2329 Observações usadas: 2329 [100.00%]
RMS (metros): 0.011 Fator de Qualidade: 3.0
RDOP: 0.13
Satélites usados: 02 05 10 12 21 24 27 29 30

Vetor ECEF (metros)		SIRGAS		UTM-SIRGAS	
dx:	-99.852	AsPos:	168 48 23.64287	Az:	168 54 54.83564
dy:	751.665	AsAnt:	348 48 19.72063		
dz:	-2601.587	VAPos:	88 54 12.47164		
		VAAnt:	91 07 15.67068		

Dist3D (metros)	DistGeo (metros)	DistMap (metros)
2709.839	2709.839	2709.330

MATRIZ COVARIÂNCIA INFERIOR (metros²)

1.813367e-05		
-1.496278e-05	4.007570e-05	
-6.486558e-06	2.164861e-05	4.001653e-05

ANEXO F – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 1 – poligonização à trena – aplicativo “Adjust”

 Poligonacao a trena - Estudo de Caso 1

Number of Control Stations 2
 Number of Unknown Stations 4
 Number of Distance observations 4
 Number of Angle observations 4
 Number of Azimuth observations 0

Initial approximations for unknown stations

Station	X	Y
1	965.65	913.42
2	966.36	901.66

Control Stations

~~~~~

| Station | X      | Y      | Sx    | Sy    |
|---------|--------|--------|-------|-------|
| 3       | 933.20 | 900.59 | 0.001 | 0.001 |
| 4       | 933.22 | 912.54 | 0.001 | 0.001 |

\*\*\*\*\*

Distance Observations

\*\*\*\*\*

| Station Occupied | Station Sighted | Distance | S    |
|------------------|-----------------|----------|------|
| 1                | 2               | 11.90    | 0.02 |
| 2                | 3               | 33.19    | 0.02 |
| 3                | 4               | 11.95    | 0.02 |
| 4                | 1               | 32.13    | 0.02 |

\*\*\*\*\*

Angle Observations

\*\*\*\*\*

| Station Backsighted | Station Occupied | Station Foresighted | Angle     | S    |
|---------------------|------------------|---------------------|-----------|------|
| 2                   | 1                | 4                   | 91°17'11" | 600" |
| 3                   | 2                | 1                   | 89°15'21" | 600" |
| 4                   | 3                | 2                   | 86°04'43" | 600" |
| 1                   | 4                | 3                   | 92°56'16" | 600" |

Notice: Matrices are written to the file

C:\Users\Artur\Documents\MEAU\_RaimundoCezar\Adjust\_MMQ\PoligTrena\_1\_2cm\_10min.MAT

\*\*\*\*\*

Adjusted Control stations

\*\*\*\*\*

| Station | X      | Y      | Vx    | Std-Res | Red.# | Vy    | Std-Res | Red.# |
|---------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| 3       | 933.20 | 900.59 | 0.00  | 0.00    | 0.000 | 0.00  | 0.92    | 0.003 |
| 4       | 933.22 | 912.54 | -0.00 | 0.00    | 0.000 | -0.00 | -0.92   | 0.003 |

\*\*\*\*\*

## Adjusted stations

\*\*\*\*\*

| Station | X      | Y      | Standard error ellipse computed |       |       |       | t       |
|---------|--------|--------|---------------------------------|-------|-------|-------|---------|
|         |        |        | Sx                              | Sy    | Su    | Sv    |         |
| 3       | 933.20 | 900.59 | 0.003                           | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 90.10°  |
| 4       | 933.22 | 912.54 | 0.003                           | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 90.10°  |
| 1       | 965.32 | 914.49 | 0.051                           | 0.150 | 0.152 | 0.045 | 170.13° |
| 2       | 966.30 | 902.65 | 0.045                           | 0.153 | 0.153 | 0.045 | 2.78°   |

\*\*\*\*\*

## Adjusted Distance Observations

\*\*\*\*\*

| Station  | Station | Distance | V      | S     | Std.Res. | Red.# |
|----------|---------|----------|--------|-------|----------|-------|
| Occupied | Sighted |          |        |       |          |       |
| 1        | 2       | 11.88    | -0.017 | 0.052 | -4.05    | 0.042 |
| 2        | 3       | 33.16    | -0.027 | 0.048 | -3.04    | 0.200 |
| 3        | 4       | 11.95    | 0.000  | 0.004 | 0.01     | 0.995 |
| 4        | 1       | 32.16    | 0.027  | 0.048 | 3.03     | 0.200 |

\*\*\*\*\*

## Adjusted Angle Observations

\*\*\*\*\*

| Station     | Station  | Station     | Angle     | V        | S"    | Std.Res. | Red.# |
|-------------|----------|-------------|-----------|----------|-------|----------|-------|
| Backsighted | Occupied | Foresighted |           |          |       |          |       |
| 2           | 1        | 4           | 91°15'12" | -118.9"  | 968.1 | -0.2     | 0.632 |
| 3           | 2        | 1           | 88°49'36" | -1545.0" | 950.5 | -3.2     | 0.645 |
| 4           | 3        | 2           | 86°20'32" | 948.5"   | 946.9 | 2.0      | 0.648 |
| 1           | 4        | 3           | 93°34'40" | 2304.3"  | 968.5 | 4.8      | 0.632 |

\*\*\*\*\*

## Adjustment Statistics

\*\*\*\*\*

Iterations = 3  
Redundancies = 4

Reference Variance = 7.075  
Reference So = ±2.7

Failed to pass X<sup>2</sup> test at 95.0% significance level!

X<sup>2</sup> lower value = 0.48  
X<sup>2</sup> upper value = 11.14

Data snooping used.

Possible blunder in observations with Std.Res. > 8.751  
Convergence!

## ANEXO G – Relatório de Processamento GPS (Estudo de caso 2)

GTR Processor 2.80 SUMÁRIO DA TRAJETÓRIA  
SUMÁRIO: SSA1-01057017\_101

Projeto: Novo Projeto [9kj]  
Data de processamento: 21/10/2010 18:22:51 (Rua Americano da Costa- Área 1) Hora local:  
GMT-2.00h  
Órbitas: Transmitidas Modelo do relógio: Transmitidas  
Sistema de coordenadas: UTM-SIRGAS [Universal Tra...] Datum: SIRGAS  
Modelo de Geóide: NLGEO2004 [C:\...\VGI Solutions\Geoid\Models\nlgeo04.grd]  
Corte de elevação: 10  
Tipo de observações: GPS

ESTAÇÃO BASE (SSA1) [C:\...\BASE\ssa12881.10o]

Ocupação do Marco: 01 Altura da antena: 0.000 [Inclinada: 0.000]  
Intervalo de gravação: 15.00 segundos Modelo da antena: <Nenhum>

| WGS84g1150            | SIRGAS                | UTM-SIRGAS (metros) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Lat: S 12 58 30.56960 | Lat: S 12 58 30.56960 | X: 552438.837       |
| Lon: O 38 30 59.34471 | Lon: O 38 30 59.34471 | Y: 8565561.753      |
|                       | SCF: 0.9996340        | SCF: 0.9996340      |
|                       | CM: O 39              | CM: O 39            |
|                       | Elevação (metros)     | Elevação (metros)   |
|                       | Alt: -2.090           | Alt: -2.090         |
|                       | Ond: 0.000            | Ond: 0.000          |
|                       | NMM: -2.090           | NMM: -2.090         |

MÓVEL (01057017\_101) [C:\...\ROVER\01057017-101015.OBS]

Altura da antena: 0.000 [Inclinada: 0.000]  
Intervalo de gravação: 5.00 segundos Modelo da antena: GTR  
(metros)  
Distância da base(km): 6.3

## RESULTADOS DA TRAJETÓRIA

Intervalo de processamento: 5.00 segundos  
Intervalo de tempo: 15/10/2010 18:02:04.99 a 15/10/2010 18:53:20.00 [51.3 min.]  
Número de épocas observadas: 647 Número de épocas Usadas: 616 [95.21%]

## LISTA DE MARCOS

ACH181 (01)  
Tipo de solução: L1 (fixada)  
Intervalo de tempo: 15/10/2010 18:02:05 a 15/10/2010 18:19:05 [17.0 min.]  
Modelo da antena: GTR Alt.Ant.: 3.544 [Inclinada: 3.544]  
(metros)  
Observações: 1731 Observações usadas: 1500 [86.66%]  
RMS (metros): 0.033

| WGS84g1150            | (metros)          | SIRGAS                | (metros)  |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------|
| Lat: S 13 00 02.12971 | +/- 0.005         | Lat: S 13 00 02.12971 | +/- 0.005 |
| Lon: O 38 27 52.42630 | +/- 0.006         | Lon: O 38 27 52.42630 | +/- 0.006 |
|                       |                   | SCF: 0.9996417        |           |
|                       |                   | CM: O 39              |           |
|                       | Elevação (metros) | Elevação (metros)     |           |
| Alt: 18.079           | +/- 0.014         | Alt: 18.079           | +/- 0.014 |
| Ond: 0.000            |                   | Ond: 0.000            |           |

NMM: 18.079 NMM: 18.079

UTM-SIRGAS (metros)

X: 558064.190 +/- 0.006

Y: 8562737.971 +/- 0.005

|     | Vetor ECEF (metros) | SIRGAS                 | UTM-SIRGAS          |
|-----|---------------------|------------------------|---------------------|
| dx: | 3026.320            | AzPos: 116 32 53.29350 | Az: 116 39 24.52093 |
|     | dy: 4790.357        | AzAnt: 296 32 11.28454 |                     |
|     | dz: -2746.258       | VAPos: 89 50 41.23512  |                     |
|     |                     | VAAnt: 90 12 42.61955  |                     |

| Dist3D (metros) | DistGeo (metros) | DistMap (metros) |
|-----------------|------------------|------------------|
| 6296.671        | 6296.630         | 6294.350         |

ACH182 (01)

Tipo de solução: L1 (fixada)

Intervalo de tempo: 15/10/2010 18:20:35 a 15/10/2010 18:29:20 [8.8 min.]

Modelo da antena: GTR Alt.Ant.: 3.544[Inclinada: 3.544]  
(metros)

Observações: 796 Observações usadas: 796 [100.00%]

RMS (metros): 0.027

| WGS84g1150            | (metros)  | SIRGAS                | (metros)  |
|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Lat: S 13 00 01.82196 | +/- 0.005 | Lat: S 13 00 01.82196 | +/- 0.005 |
| Lon: O 38 27 52.65096 | +/- 0.007 | Lon: O 38 27 52.65096 | +/- 0.007 |

SCF: 0.9996417

CM: O 39

| Elevação (metros) | (metros)  | Elevação (metros) | (metros)  |
|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| Alt: 19.937       | +/- 0.014 | Alt: 19.937       | +/- 0.014 |
| Ond: 0.000        |           | Ond: 0.000        |           |
| NMM: 19.937       |           | NMM: 19.937       |           |

UTM-SIRGAS (metros)

X: 558057.450 +/- 0.007

Y: 8562747.410 +/- 0.005

|     | Vetor ECEF (metros) | SIRGAS                 | UTM-SIRGAS          |
|-----|---------------------|------------------------|---------------------|
| dx: | 3025.192            | AzPos: 116 29 54.91960 | Az: 116 36 26.14570 |
|     | dy: 4782.606        | AzAnt: 296 29 12.96127 |                     |
|     | dz: -2737.461       | VAPos: 89 49 39.02490  |                     |
|     |                     | VAAnt: 90 13 44.49605  |                     |

| Dist3D (metros) | DistGeo (metros) | DistMap (metros) |
|-----------------|------------------|------------------|
| 6286.398        | 6286.350         | 6284.074         |

ACH183 (01)

Tipo de solução: L1 (fixada)

Intervalo de tempo: 15/10/2010 18:30:45 a 15/10/2010 18:39:40 [8.9 min.]

Modelo da antena: GTR Alt.Ant.: 3.544[Inclinada: 3.544]  
(metros)

Observações: 733 Observações usadas: 733 [100.00%]

RMS (metros): 0.017

| WGS84g1150            | (metros)  | SIRGAS                | (metros)  |
|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Lat: S 13 00 01.26390 | +/- 0.005 | Lat: S 13 00 01.26390 | +/- 0.005 |
| Lon: O 38 27 52.14254 | +/- 0.006 | Lon: O 38 27 52.14254 | +/- 0.006 |

SCF: 0.9996417

CM: O 39

| Elevação (metros) | (metros) | Elevação (metros) | (metros) |
|-------------------|----------|-------------------|----------|
|                   |          |                   |          |





## Anexo H - Relatório de processamento - Poligonização a trena – Estudo de Caso 2 - (Software TopoEVN)

**Imóvel:** Estudo de Caso - 2  
**Local:** Rua Americano da Costa - Pituba  
**Interessado:** MEAU  
**Proprietário:** Raimundo Cezar Cruz  
**Arquivo:** Planilha1 rua americano da costa.PTF  
**Planilha:** Poligonal 1  
**Data:** 24/02/2011 21:25:40

| Ind | P.V. | *Coord. E(X) | *Coord. N(Y)   | *Cota Z | *K          |
|-----|------|--------------|----------------|---------|-------------|
| 1   | E1   |              |                |         |             |
| 2   | E3   | 558.077,7494 | 8.562.752,0140 | 0,000   | 0.999641725 |
| 3   | E0   |              |                |         |             |
| 4   | E2   | 558.072,6703 | 8.562.764,6765 | 0,000   | 0.999641718 |
| 5   | E3   |              |                |         |             |
| 6   | E1   | 558.057,4500 | 8.562.747,4100 | 0,000   | 0.999641696 |
| 7   | E2   |              |                |         |             |
| 8   | E0   | 558.064,1900 | 8.562.737,9710 | 0,000   | 0.999641706 |

### Resumo dos cálculos:

|                                                                             |                |                  |                |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|----------------|
| Tipo de planilha: Poligonal fechada em 2 pontos                             |                |                  |                |
| Nº de Vértices: 4                                                           |                |                  |                |
| Linhas: 8                                                                   |                |                  |                |
| Precisão angular: 10                                                        |                |                  |                |
| Erro angular permitido: $\pm 0^{\circ}00'20''$                              |                |                  |                |
| Erro angular obtido: $0^{\circ}20'01.6''$                                   |                |                  |                |
| Compensação angular: Proporcional ao número de vértices                     |                |                  |                |
| Partida UTM (Estação)                                                       |                | Chegada UTM (Ré) |                |
| Coord. E(X):                                                                | 558.064,1900   | Coord. E(X):     | 558.057,4500   |
| Coord. N(Y):                                                                | 8.562.737,9710 | Coord. N(Y):     | 8.562.747,4100 |
| Cota Z:                                                                     |                | Cota Z:          |                |
| Fechamento linear                                                           |                |                  |                |
| Parcias X                                                                   |                | Parcias Y        |                |
| Total (E+):                                                                 | 0,0000         | Total (N+):      | 0,0000         |
| Total (W-):                                                                 | 0,0000         | Total (S-):      | 0,0000         |
| Delta (X):                                                                  | 0,0058         | Delta (Y):       | 0,0460         |
| Erro Linear                                                                 |                |                  |                |
| Absoluto:                                                                   | 0,0464 m       |                  |                |
| /Mil:                                                                       | 1,0352 m       |                  |                |
| Relativo:                                                                   | 1 / 965,9714 m |                  |                |
| Compensação linear: Proporcional as coordenadas                             |                |                  |                |
| Erro Altimétrico: 0,0000 m                                                  |                |                  |                |
| Compensação altimétrica: Proporcional as distâncias                         |                |                  |                |
| Somat. Distâncias: 67,7796 m                                                |                |                  |                |
| Área da poligonal base: 251,531 m <sup>2</sup> ou 0,0252 ha ou 0,0104 Alqs. |                |                  |                |

ANEXO I – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 2 – poligonação à trena – aplicativo “Adjust”

-----  
 Poligonacao a trena - Estudo de Caso 2 - ok  
 -----

Number of Control Stations      2  
 Number of Unknown Stations    4  
 Number of Distance observations 4  
 Number of Angle observations   4  
 Number of Azimuth observations 0

\*\*\*\*\*  
 Initial approximations for unknown stations  
 \*\*\*\*\*

| Station | X      | Y       |
|---------|--------|---------|
| E2      | 72.860 | 764.520 |
| E3      | 77.950 | 751.849 |

Control Stations

| Station | X      | Y       | Sx     | Sy     |
|---------|--------|---------|--------|--------|
| E0      | 64.190 | 737.971 | 0.0010 | 0.0010 |
| E1      | 57.450 | 747.410 | 0.0010 | 0.0010 |

\*\*\*\*\*  
 Distance Observations  
 \*\*\*\*\*

| Station Occupied | Station Sighted | Distance | S     |
|------------------|-----------------|----------|-------|
| E1               | E2              | 23.010   | 0.010 |
| E2               | E3              | 13.660   | 0.010 |
| E3               | E0              | 19.540   | 0.010 |
| E0               | E1              | 11.600   | 0.010 |

\*\*\*\*\*  
 Angle Observations  
 \*\*\*\*\*

| Station Backsighted | Station Occupied | Station Foresighted | Angle      | S    |
|---------------------|------------------|---------------------|------------|------|
| E2                  | E1               | E0                  | 103°08'01" | 600" |
| E3                  | E2               | E1                  | 63°20'11"  | 600" |
| E0                  | E3               | E2                  | 114°16'49" | 600" |
| E1                  | E0               | E3                  | 79°35'01"  | 600" |

Notice: Matrices are written to the file  
 C:\Users\Artur\Documents\MEAU\_RaimundoCezar\Adjust\_MMQ\PoligTrena\_2\_ok\_1cm\_10min.MAT

\*\*\*\*\*  
 Adjusted Control stations  
 \*\*\*\*\*

| Station | X      | Y       | Vx     | Std-Res | Red.#  | Vy     | Std-Res | Red.# |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|
| E0      | 64.190 | 737.971 | -0.000 | -0.320  | 0.0034 | 0.000  | 0.320   | 0.007 |
| E1      | 57.450 | 747.410 | 0.000  | 0.320   | 0.0034 | -0.000 | -0.320  | 0.007 |

\*\*\*\*\*

## Adjusted stations

\*\*\*\*\*

| Station | X      | Y       | Standard error ellipse computed |        |        |        | t       |
|---------|--------|---------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|
|         |        |         | Sx                              | Sy     | Su     | Sv     |         |
| E0      | 64.190 | 737.971 | 0.0010                          | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 54.47°  |
| E1      | 57.450 | 747.410 | 0.0010                          | 0.0010 | 0.0010 | 0.0010 | 54.47°  |
| E2      | 72.635 | 764.702 | 0.0300                          | 0.0234 | 0.0369 | 0.0093 | 126.93° |
| E3      | 77.749 | 752.037 | 0.0233                          | 0.0250 | 0.0328 | 0.0095 | 137.30° |

\*\*\*\*\*

## Adjusted Distance Observations

\*\*\*\*\*

| Station  | Station | Distance | V       | S      | Std.Res. | Red.# |
|----------|---------|----------|---------|--------|----------|-------|
| Occupied | Sighted |          |         |        |          |       |
| E1       | E2      | 23.013   | 0.0031  | 0.0096 | 1.132    | 0.073 |
| E2       | E3      | 13.658   | -0.0023 | 0.0098 | -1.135   | 0.039 |
| E3       | E0      | 19.537   | -0.0030 | 0.0096 | -1.119   | 0.073 |
| E0       | E1      | 11.598   | -0.0016 | 0.0014 | -0.158   | 0.980 |

\*\*\*\*\*

## Adjusted Angle Observations

\*\*\*\*\*

| Station     | Station  | Station     | Angle      | V       | S"    | Std.Res. | Red.# |
|-------------|----------|-------------|------------|---------|-------|----------|-------|
| Backsighted | Occupied | Foresighted |            |         |       |          |       |
| E2          | E1       | E0          | 103°10'53" | 172.4"  | 328.6 | 0.3      | 0.700 |
| E3          | E2       | E1          | 63°16'31"  | -220.2" | 281.7 | -0.4     | 0.780 |
| E0          | E3       | E2          | 114°04'01" | -767.8" | 347.0 | -1.6     | 0.666 |
| E1          | E0       | E3          | 79°28'35"  | -386.4" | 345.2 | -0.8     | 0.669 |

\*\*\*\*\*

## Adjustment Statistics

\*\*\*\*\*

Iterations = 3  
Redundancies = 4

Reference Variance = 0.6328  
Reference So = ±0.80

Passed X<sup>2</sup> test at 95.0% significance level!

X<sup>2</sup> lower value = 0.48

X<sup>2</sup> upper value = 11.14

A priori value of 1 used for reference variance  
in computations of statistics.

Data snooping used.

Possible blunder in observations with Std.Res. > 2.617

Convergence!

## ANEXO J – Relatório do ajustamento por MMQ do estudo de caso 2 – trilateração – aplicativo “Adjust”

-----  
 Trilateracao - Estudo de Caso 2 - ok  
 -----

Number of Control Stations        2  
 Number of Unknown Stations      4  
 Number of Distance observations 10  
 Number of Angle observations    0  
 Number of Azimuth observations  0

\*\*\*\*\*  
 Initial approximations for unknown stations  
 \*\*\*\*\*

| Station | X      | Y       |
|---------|--------|---------|
| E2      | 72.860 | 764.520 |
| E3      | 77.950 | 751.849 |

Control Stations

~~~~~

Station	X	Y	Sx	Sy
E0	64.190	737.971	0.0010	0.0010
E1	57.450	747.410	0.0010	0.0010

 Distance Observations

Station Occupied	Station Sighted	Distance	S
E1	E2	23.010	0.010
E1	E2	22.990	0.010
E2	E3	13.660	0.010
E2	E3	13.690	0.010
E3	E0	19.540	0.010
E3	E0	19.540	0.010
E0	E1	11.600	0.010
E0	E1	11.620	0.010
E0	E2	27.920	0.010
E1	E3	20.990	0.010

Notice: Matrices are written to the file
 C:\Users\Artur\Documents\MEAU_RaimundoCezar\Adjust_MMQ\Trilatercao_2_ok_1cm.MAT

 Adjusted Control stations

Station	X	Y	Vx	Std-Res	Red.#	Vy	Std-Res	Red.#
E0	64.190	737.971	-0.000	-1.781	0.0068	0.000	1.781	0.013
E1	57.450	747.410	0.000	1.781	0.0068	-0.000	-1.781	0.013

 Adjusted stations

Station	X	Y	Standard error ellipse computed				t
			Sx	Sy	Su	Sv	
E0	64.190	737.971	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E1	57.450	747.410	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	54.47°
E2	72.832	764.513	0.0174	0.0119	0.0203	0.0059	122.16°
E3	77.963	751.835	0.0110	0.0143	0.0170	0.0060	144.63°

Adjusted Distance Observations

Station Occupied	Station Sighted	Distance	V	S	Std.Res.	Red.#
E1	E2	23.002	-0.0076	0.0067	-1.025	0.556
E1	E2	23.002	0.0124	0.0067	1.656	0.556
E2	E3	13.676	0.0165	0.0069	2.280	0.522
E2	E3	13.676	-0.0135	0.0069	-1.870	0.522
E3	E0	19.543	0.0027	0.0065	0.354	0.573
E3	E0	19.543	0.0027	0.0065	0.354	0.573
E0	E1	11.599	-0.0011	0.0014	-0.113	0.981
E0	E1	11.599	-0.0211	0.0014	-2.133	0.981
E0	E2	27.913	-0.0066	0.0075	-0.991	0.439
E1	E3	20.985	-0.0050	0.0086	-0.991	0.255

Adjustment Statistics

Iterations = 2
Redundancies = 6

Reference Variance = 2.013
Reference So = ±1.4

Passed X² test at 95.0% significance level!
X² lower value = 1.24
X² upper value = 14.45
A priori value of 1 used for reference variance
in computations of statistics.

Data snooping used.
Possible blunder in observations with Std.Res. > 4.668
Convergence!