

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**
Departamento Acadêmico da Construção Civil
Curso Técnico em Agrimensura

CADASTRO TERRITORIAL E GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS

SÉRIE: TOPOGRAFIA E AGRIMENSURA PARA CURSOS
TÉCNICOS

1ª Edição

**Flavio Boscatto
Adolfo Lino de Araújo
Rovane Marcos de França
(organizadores)**

**Florianópolis-SC
2021**

Curso Técnico em Agrimensura:

Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88020-300

Telefone: (48) 3321-6061

<http://agrimensura.florianopolis.ifsc.edu.br>

Reitoria:

Rua 14 de Julho, 150, Coqueiros, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88075-010

Telefone: (48) 3877-9000 / Fax: (48) 3877-9060

<http://www.ifsc.edu.br>

Reprodução total ou parcial dessa obra autorizada pelos autores e pela instituição para fins educativos e não comerciais.

Catálogo na fonte pelo Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC
Reitoria

CDD 526.9

C121

Cadastro territorial e georreferenciamento de imóveis: topografia e agrimensura para cursos técnicos: recursos eletrônicos / organização de Flávio Boscatto, Adolfo Lino de Araújo, Rovane Marcos de França – Florianópolis, 2021.

127 p. : il. ; Livro digital

Inclui referências

ISBN: 978-65-00-57378-7

1. Cadastro Territorial. 2. Georreferenciamento de imóveis. 3 Topografia. 4. Agrimensura. I. Boscatto, Flávio. II. Araújo, Adolfo Lino de. III. França, Rovane Marcos de.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis
Catalogado por: Edinei A. Moreno - CRB 14/1065

1 O CADASTRO E A CARTOGRAFIA CADASTRAL DE ALGUNS PAÍSES.....	5
MARKUS HASENACK CESAR ROGÉRIO CABRAL	
2 ORIGINAIS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL	11
CESAR ROGÉRIO CABRAL MARKUS HASENACK JÜRGEN W. PHILIPS	
3 O CONTEÚDO DO SISTEMA BÁSICO DO CTM	21
CESAR ROGÉRIO CABRAL ADOLFO LINO DE ARAÚJO MARKUS HASENACK	
4 REDE DE REFERÊNCIA MUNICIPAL PARA ESTAÇÕES LIVRES: UMA PROPOSTA DE BAIXO CUSTO E GRANDE ABRANGÊNCIA	28
IVANDRO KLEIN MATHEUS PEREIRA GUZATTO MARKUS HASENACK CESAR ROGÉRIO CABRAL ARTHUR PEIXOTO BERBERT LIMA STEFAN FRITSCHÉ LUIZ ALBERTO MIRANDA REGINA JUNIOR GABRIEL FELDMANN MOMO	
5 ESTUDOS INICIAIS SOBRE A INCERTEZA POSICIONAL DOS VÉRTICES DE IMÓVEIS URBANOS À LUZ DO SINTER.....	42
IVANDRO KLEIN ARTHUR PEIXOTO BERBERT LIMA	
6 A COMPONENTE VERTICAL NO CADASTRO 3D E O SINTER	56
ADOLFO LINO DE ARAÚJO FLAVIO BOSCATTO ROVANE MARCOS DE FRANÇA	
7 CONSIDERAÇÕES SOBRE GEORREFERENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS	65
FLAVIO BOSCATTO ADOLFO LINO DE ARAÚJO	
8 FRAGILIDADES DO SIGEF E DA 3ª EDIÇÃO DA NTGIR: LIÇÕES DE CADASTRO PARA O SINTER.....	71
ADOLFO LINO DE ARAÚJO FLAVIO BOSCATTO GUILHERME BRAGHIROLI ROVANE MARCOS DE FRANÇA	
9 PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER....	80
ROVANE MARCOS DE FRANÇA ADOLFO LINO DE ARAÚJO FLAVIO BOSCATTO CESAR ROGÉRIO CABRAL CAROLINA COLLISCHONN	

10 USO DE RPAS PARA DEFINIÇÃO DE PARCELAS PROVISÓRIAS DO CADASTRO TERRITORIAL	88
<i>ROVANE MARCOS DE FRANÇA</i>	
<i>FLAVIO BOSCATTO</i>	
<i>ADOLFO LINO DE ARAÚJO</i>	
11 PORQUE O CADASTRO TERRITORIAL DEVE SE ESTRUTURAR COM PARCELAS 2D	97
<i>ADOLFO LINO DE ARAÚJO</i>	
<i>FLAVIO BOSCATTO</i>	
<i>ROVANE MARCOS DE FRANÇA</i>	
<i>CESAR ROGÉRIO CABRAL</i>	
<i>IVANDRO KLEIN</i>	
<i>MARKUS HASENACK</i>	
12 MÉTODOS PARA LEVANTAMENTO CADASTRAL DE PARCELAS CERTIFICADAS E NÃO CERTIFICADAS	104
<i>FLAVIO BOSCATTO</i>	
<i>ADOLFO LINO DE ARAÚJO</i>	
<i>ROVANE MARCOS DE FRANÇA</i>	
<i>CESAR ROGÉRIO CABRAL</i>	
<i>IVANDRO KLEIN</i>	
<i>MARKUS HASENACK</i>	
13 UMA PROPOSTA DE CADASTRO TERRITORIAL PARA O BRASIL	112
<i>CESAR ROGÉRIO CABRAL</i>	
<i>MARKUS HASENACK</i>	
<i>ROVANE MARCOS DE FRANÇA</i>	
<i>ADOLFO LINO DE ARAÚJO</i>	
<i>FLAVIO BOSCATTO</i>	

1 O CADASTRO E A CARTOGRAFIA CADASTRAL DE ALGUNS PAÍSES

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

1.1 Introdução

O modelo de cartografia cadastral adotado no Brasil não contempla o conteúdo básico do CTM (Cadastro Territorial Multifinalitário), também denominado de sistema básico comum, definido pela FIG (Federação Internacional de Geômetras) (1995) e pela Portaria 511 (2009) do Ministério das Cidades, Artigo 20, que é a representação sistemática de uma parcela territorial no contexto das demais parcelas, seu identificador único, as edificações e o uso atual do solo, vinculado ao RI (Registro de Imóveis). Esta cartografia não tem resolvido o problema das incertezas dos limites de imóveis e de suas posições legais. Nas áreas municipais urbanas, a carta cadastral adotada no Brasil é aquela que representa as feições físicas visíveis (o contorno) das ocupações, quer estas sejam levantadas por métodos fotogramétricos ou topográficos. Ela não representa os limites legais das parcelas territoriais, e não tem vínculo com o RI. A finalidade principal desta carta é a atualização do cadastro fiscal. Nas áreas rurais embora existam procedimentos em nível nacional para a definição do limite legal das propriedades com vínculo ao RI, não é adotado o conceito de parcela territorial e a carta cadastral não é confeccionada. A FIG é uma organização internacional que se constitui em uma federação de associações nacionais e instituições acadêmicas envolvidas em atividades relacionadas às ciências geodésicas, as atividades da FIG são desenvolvidas em 9 comissões, dentre elas a Comissão 7 – Cadastro e Gerenciamento Territorial, nessa Comissão são discutidos temas relacionados à administração territorial, reforma cadastral, cadastro multifinalitário, sistemas de informação territorial baseados em registros cadastrais, titulação de terras, posse de terra, lei de terra e inscrição de terra, consolidação de terras urbanas e rurais, limites nacionais e internacionais, administração de recursos territoriais e marinhos.

1.2 O Cadastro e a Cartografia Cadastral de Alguns Países: Uma Visão Internacional

Em 1994, a FIG criou o Grupo de Trabalho intitulado “WG 7.1: Reforming the Cadastre” (LOCH; ERBA, 2007). O objetivo desse grupo foi o de definir o “Cadastro do Futuro”. Para identificar as tendências do cadastro do futuro, foi feito, inicialmente, um levantamento dos sistemas cadastrais existentes. Para isso, foi aplicado um questionário em diferentes países do mundo.

Com base em estudos de sistemas cadastrais existentes e nas respostas de questionários, o grupo de trabalho composto por 40 membros e envolvendo 26 países, caracterizou o desenvolvimento do cadastro para os 20 anos subsequentes, em seis declarações relacionadas à missão, ao conteúdo, à organização, ao desenvolvimento técnico, à privatização e à recuperação de custos de sistemas cadastrais (KAUFMANN; STEUDLER, 1998).

Esses questionários foram respondidos pelas autoridades de cadastros dos países pesquisados ou mesmo por cientistas de renome na área. Os questionários respondidos por cada país pesquisado podem ser consultados na página <http://www.fig.net/cadastraltemplate/fielddata/d1.htm>, da FIG.

São apresentados a seguir e com base nas informações desses questionários o cadastro e a cartografia cadastral adotados respectivamente na Suíça, descrito por Daniel Steudler, na Alemanha, por Winfried Hawerk, na Áustria, por Christoph Twaroch, na Austrália, por Ian Williamson, e na Argentina, por Mabel Alvarez López.

Pode-se observar que cada país pesquisado possui um cadastro básico cuja principal preocupação de cada sistema cadastral é a de servir de base para a segurança dos limites das parcelas territoriais (limites legais) e para a garantia da propriedade.

1.2.1 Suíça

A menor unidade territorial do cadastro suíço é a parcela e o cadastro é único para áreas urbanas e rurais. A principal função desse cadastro é servir de base para a garantia da propriedade fundiária. A atualização cadastral é contínua de forma que os dados são sempre atuais. Esse cadastro é conduzido por medições oficiais (die amtliche Vermessung) que, junto com o RI (Grundbuch), formam o sistema cadastral suíço.

O método de levantamento utilizado é o topográfico de campo, ou seja, existe o contato físico entre o operador e o objeto. O sistema geodésico que define a referência geométrica da carta bem como a projeção cartográfica utilizada para a sua representação, são definidos para todo o país em especificações técnicas.

São representados na planta cadastral entre outras informações não menos importantes: a localização, forma e conteúdo das parcelas territoriais, com seus pontos limites demarcados e não demarcados, e o código identificador; os pontos fixos da rede de referência cadastral planimétricos, altimétricos e planialtimétricos; edificações com o seu número; construções subterrâneas; estradas, caminhos e praças com as denominações oficiais, inclusive para localidades como cidades vilas e bairros, além de algumas informações topográficas julgadas importantes. A Figura 1 apresenta em (A) um croqui de levantamento cadastral suíço e o produto deste em (B), em forma de uma carta cadastral.



Figura 1: detalhes (sup.) de um croqui de levantamento cadastral e (inf.) da planta cadastral suíça. (Fonte: SWISSTOPO, 2003).

Desde meados de 2002, houve uma crescente necessidade de documentar restrições e responsabilidades do direito público, com o estabelecimento de grupos de trabalho para investigar sua integração no sistema cadastral suíço (STEUDLER, 2003).

1.2.2 Alemanha

Semelhante ao sistema cadastral suíço, os elementos fundamentais que compõem o cadastro alemão (Liegenschaftskataster) são o RI (Grundbuch) e as cartas cadastrais (Liegenschaftskarten). Figur (2011) cita que o cadastro alemão é a entidade oficial para documentar e comprovar a localização dos limites das parcelas territoriais que compõem cada imóvel dentro do seu território, não existindo distinção entre o cadastro para áreas urbanas e rurais.

O cadastro e o RI formam a base geométrica e legal para a infraestrutura de dados geoespaciais da Alemanha e também servem de base para todas as outras áreas de forma a atender às demandas judiciais,

administrativas e econômicas e, de forma especial, atender adequadamente às necessidades do planejamento territorial, do planejamento urbano e do ordenamento territorial.

De acordo com Figur (2011), a localização do imóvel territorial é representada em forma de parcela na carta cadastral. Nas cartas cadastrais, são representados: os limites das parcelas territoriais; os pontos de divisa demarcados e não demarcados; a numeração das parcelas territoriais; os limites dos distritos e subdistritos cadastrais; os pontos da rede de referência cadastral; as feições das edificações com seus números, nomes de rua e uso do solo; e algumas informações topográficas julgadas importantes. A Figura 2 mostra uma carta cadastral alemã. As informações das cartas cadastrais e do RI são mantidas e atualizadas ao dia já faz 150 anos.

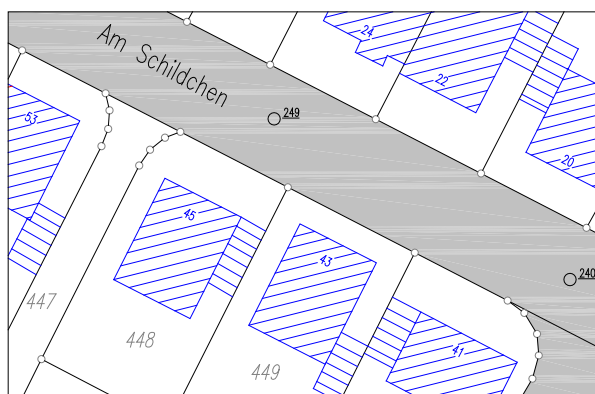


Figura 2: extrato de carta cadastral alemã. (Fonte: Benning, 1988).

Por determinação legal, as cartas cadastrais devem ser apresentadas de tal forma que sejam passíveis de entendimento por um cidadão comum e, enquanto mantidas em formato digital, devem possibilitar também a sua disponibilização em formato analógico, em escala geralmente 1:1.000 (FIGUR, 2011).

A Figura 3 apresenta um croqui de atualização (manutenção) do cadastro territorial no que se refere à inserção de novos limites de parcelas territoriais.

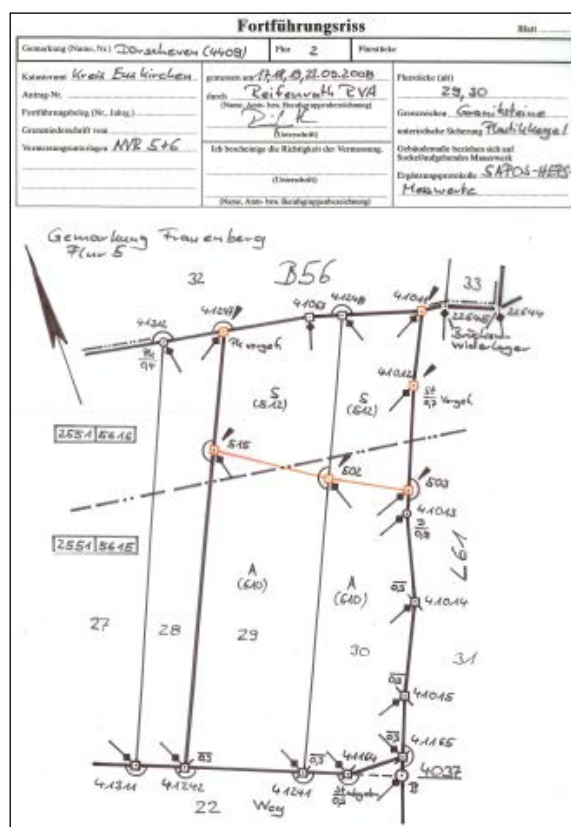


Figura 3: croqui de atualização (manutenção) do cadastro territorial; os novos limites de parcelas territoriais estabelecidos são desenhados em cor vermelha. (Fonte: Bezirksregierung Köln, 2009).

Os levantamentos cadastrais são sistemáticos e conduzidos por meio de métodos topográficos conforme especificações técnicas, de tal forma que os resultados dos levantamentos possam ser reproduzidos a qualquer tempo, independentemente do método de levantamento utilizado. Pode ser conduzido também por profissional autônomo autorizado e a sua função dentre outras é: a determinação dos limites das parcelas territoriais; a materialização de pontos de limites territoriais; a determinação de novas parcelas territoriais; a atualização da carta cadastral com novas edificações bem como com novos limites territoriais e o adensamento dos pontos da rede de referência cadastral. O sistema geodésico de referência e a projeção cartográfica que devem ser utilizados são definidos oficialmente nas normas cadastrais para todo o país.

1.2.3 Áustria

Na Áustria, todos os bens imóveis têm sido mantidos e garantidos sob o atual sistema cadastral e registral. Os dados sobre as unidades imobiliárias, os direitos reais de propriedade e os titulares de direitos de propriedade são geridos e mantidos pelo RI que trabalha em perfeita cooperação com o cadastro. Também neste sistema, o cadastro é único para áreas urbanas e rurais.

A menor unidade territorial de levantamento e representação cartográfica é a parcela e a tarefa técnica de medição, demarcação, registro e manutenção de objetos (parcelas territoriais, edifícios, uso da terra, etc.), bem como a documentação de uso do solo e qualidade do solo é de responsabilidade dos departamentos de cadastro, que fazem parte da administração pública. Os levantamentos são sistemáticos no sistema geodésico e na projeção cartográfica definido em lei para todo o país.

As informações básicas que são representadas no mapa cadastral austríaco são: os pontos da rede de referência cadastral; as linhas limites legais das parcelas territoriais; os pontos limites legais demarcados e não demarcados; o número identificador de cada parcela; as feições das edificações; e o uso do solo. A Figura 4 apresenta detalhes de um croqui de levantamento cadastral e do mapa cadastral austríaco.



Figura 4: (esq.) detalhes de um croqui de atualização para manutenção cadastral e (dir.) do mapa cadastral austríaco. (Fonte: Twaroch, 2006).

1.2.4 Austrália

Na Austrália, o cadastro é gerido por órgãos governamentais denominados de escritórios de títulos de terra onde são registrados os títulos de propriedade. Não existe distinção entre cadastro rural e urbano. A informação registrada no título inclui uma descrição precisa da localização de uma parcela de terra do seu dono. Esse cadastro também pode registrar o uso (por exemplo, residencial ou não, parque, etc) e também as edificações existentes.

A peça fundamental do cadastro australiano é o croqui de medição denominado de plano cadastral (cadastral plan), - Figura 5. O método de medição é o topográfico de campo e cada plano é estático no tempo, ou seja, representa a situação do momento em que o dado foi levantado.

Os mapas cadastrais (cadastral map) são produzidos com base no conjunto de planos cadastrais individuais. O mapa cadastral australiano, - Figura 6, não tem valor legal. Esses mapas são usados por uma ampla gama de pessoas (público e profissional) para todos os tipos de coisas, incluindo, além dos escritórios de títulos de terras do cadastro, as vendas de imóveis, avaliação, gestão territorial, planejamento etc.

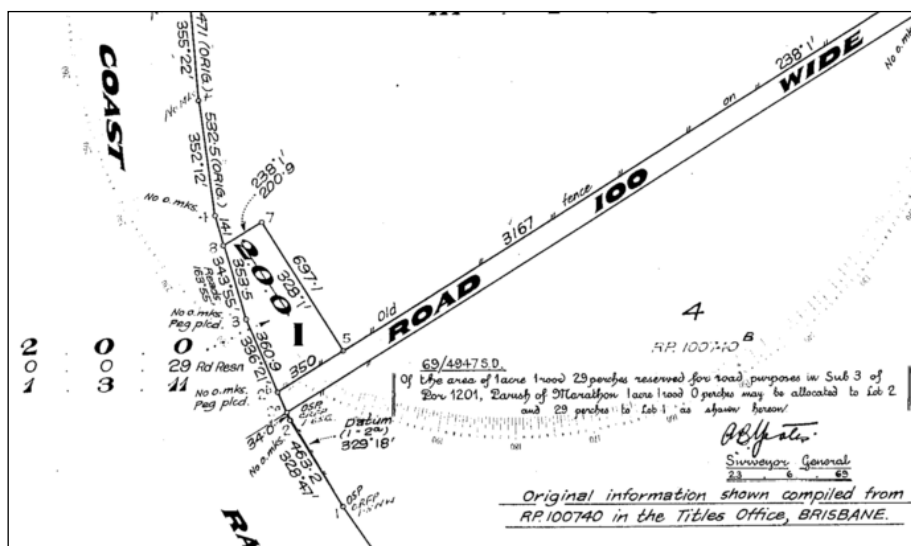


Figura 5: detalhes de um plano cadastral australiano. (Fonte: ICSM, 2009).

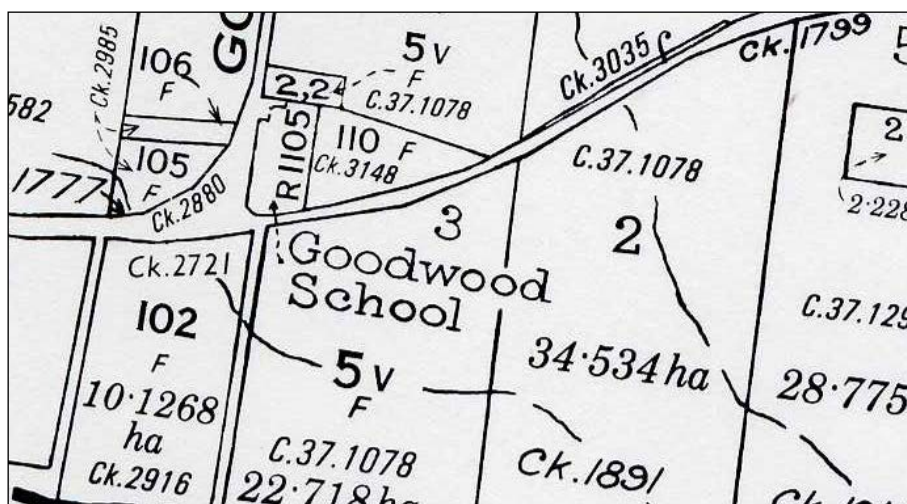


Figura 6: detalhes de um mapa cadastral australiano. (Fonte: ICSM, 2009).

1.2.5 Argentina

O cadastro argentino é desenvolvido em âmbito nacional, fixado pela Lei Nacional de Cadastro nº 26.209 (2007), cuja principal função é dar garantia geométrica aos limites dos bens imóveis junto com o RI. Cada província (estado) possui seu próprio cadastro que é denominado Agência de Cadastro (denominado usualmente "Catastro Provincial"), sendo subordinado à Direção Nacional de Medições Cadastrais, que é dependente da Suprema Corte de Justiça.

O cadastro argentino se realiza mediante levantamentos parcelares em relação a um sistema de referência em área rural e a um conjunto de parcelas territoriais vizinhas ou elementos naturais ou artificiais que permitam localizá-las espacialmente. Os métodos de levantamentos usuais são os topográficos de campo.

A representação gráfica se faz através de um documento cartográfico chamado de "plano de mensura", Figura 7. O levantamento parcelar em área urbana é feito isoladamente para cada quadra da cidade.

Em termos gerais, pode-se afirmar que o cadastro argentino está se transformando paulatinamente em um cadastro multifinalitário. Isso se percebe na reformulação da estrutura das instituições cadastrais, as quais têm ampliado suas funções através da integração de uma cartografia básica baseada em parcelas territoriais com a cartografia temática, georreferenciadas em um sistema de informação territorial (ERBA, 2005).

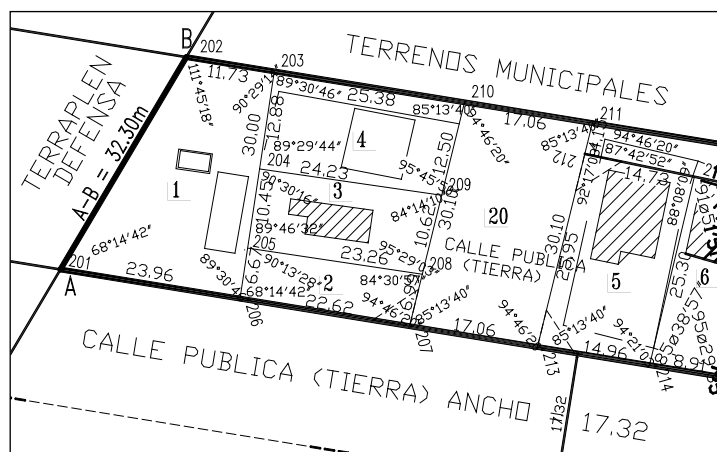


Figura 7: extrato de um plano de mensura argentino, em área urbana. (Fonte: Cremona, 2006).

1.3 CONCLUSÃO

Pode-se observar que cada país pesquisado possui um cadastro básico cuja principal preocupação de cada sistema cadastral é a de servir de base para a segurança dos limites das parcelas territoriais (limites legais) e para a garantia da propriedade. Percebe-se, dessa forma, que, por um lado, existe um conceito internacionalmente consagrado de cadastro territorial e diretrizes baseadas nesse conceito, e, por outro, uma cultura nacional que não sabe sequer qual é a função básica e a mais nobre do cadastro territorial.

1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNING, W. KATGIS - um protótipo alemão de integração entre o cadastro de bens imobiliários e o registro geral de imóveis. Geodesia On-Line, n.3, 1998. Disponível em: >< <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/1998/03/benning.htm> . Acesso em: 20/09/2000.

ERBA, D. A.; et al. **Cadastro multifinalitário como Instrumento de política fiscal e urbana**. Editora Studdium. Rio de Janeiro: 2005.

FIGUR, R. L. **Análise comparativa entre o sistema cadastral da Alemanha e as diretrizes para o cadastro territorial multifinalitário brasileiro**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2011.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano**. Cambridge, MA, USA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.142p.

KAUFMANN, J; STEUDLER, D. **Cadastre 2014: a vision for a future cadastral system**. Switzerland: FIG – Working Group 1 of Commission 7, 1998. 51p.

STEUDLER, D. **Swiss federal directorate for cadastral surveying. Country report**. Switzerland 2003. Disponível em: < www.cadastraltemplate.org >. Acesso em 09/09/2010.

2 ORIGINAIS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

JÜRGEN W. PHILIPS
In memoriam

2.1 INTRODUÇÃO

A atual Lei de Registros Públicos (Lei nº 6.015/73, Art. 176, II, 3) estabelece que: a – se rural, do código do imóvel, dos dados constantes do CCIR, da denominação e de suas características, confrontações, localização e área; b – se urbano, de suas características e confrontações, localização, área, logradouro, número e de sua designação cadastral, se houver. Estes dados são obtidos a partir de um extrato do título (escritura ou documento resultante do ato judicial). A exigência de planta é feita no caso de registro de loteamentos, desmembramentos, dentre outros casos, quando as mesmas ficam arquivadas no Cartório de Registro de Imóveis.

A identificação do imóvel na escritura, feita através do extrato do memorial descritivo, pelo escrevente responsável por dar forma legal ao documento, pode conter inconsistências técnicas. Isto porque o memorial descritivo foi elaborado por um técnico com habilitação para este fim, o mesmo não ocorrendo com o extrato contido na escritura. A matrícula, por sua vez, conterá dados retirados da escritura.

Pela falta de confiabilidade na descrição literal do imóvel e também pela ausência de dados suficientes de medição, muitas vezes oriundas de dados geométricos antigos é possível imaginar o enorme volume de problemas existentes. São problemas que ao se constituírem, como documento de interpretação dúbia, acabam gerando conflitos terríveis tais como, sobreposições de títulos, invasões, esbulhos, e até crimes, acarretando conseqüentemente, enormes prejuízos à justiça e à sociedade, envolvendo contratação de Advogados, perda de tempo e outros ônus desnecessários.

Neste sentido, a identificação do imóvel em uma carta cadastral baseada em originais de levantamento cadastral de campo, elaborada por técnico qualificado, poderia ser utilizada em substituição ao atual sistema de descrição utilizado pelo Registro de Imóveis, o que está proposto nas Diretrizes para o CTM.

2.2 O SISTEMA ATUAL

Os levantamentos topográficos e cadastrais em área urbana, são feitos geralmente em sistemas isolados, utilizando-se sistemas locais ou sistemas georreferenciados com pouca ou nenhuma consistência de homogeneidade. Um dos motivos geradores deste procedimento é o de não existir uma rede pública de pontos fixos pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro com uma densidade suficiente que permita a conexão dos levantamentos das propriedades imobiliárias, como acontece em países com maior tradição em geodésia e cadastro.

ESTADO DE SANTA CATARINA
COMARCA DE FLORIANÓPOLIS
GLECI PALMA RIBEIRO MELO
Oficial Teilar

MURILO RIBEIRO MELO
Substituto Legal

ALEXANDRE RIBEIRO MELO
Escrivão Substituto

CARTÓRIO DO 2º OFÍCIO DO REGISTRO DE IMÓVEIS

MATRÍCULA
- 65041 -

LIVRO Nº 2 - REGISTRO GERAL

FOLHA
- 1 -

Florianópolis, 08 de Outubro de 2002.

IMÓVEL: Apartamento nº 301, localizado no Pavimento Atico do **EDIFÍCIO RESIDENCIAL SANDRA**, aprovada pelo projeto nº 48.810, situado à Rua Manoel Isidoro da Silveira, nº 270, na Lagoa, neste Município, com a área real privativa de 117,90m², área real de uso comum de divisão proporcional de 49,05m², área real total de 167,00m², ocupando 82,86m² ou 22,6670% de fração ideal do terreno. O referido edifício acha-se construído sobre um terreno com a área de 365,56m² e demais características constantes na matrícula nº 61.068, inscrição imobiliária sob nº 53.43.006.0295.008-563.

PROPRIETÁRIO: SILSIS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA, pessoa jurídica de direito privado, com sede e foro na cidade de São José-SC, estabelecida à Rua Cardeal Câmara, nº 146, em Barreiros, inscrita no CNPJ/MF sob nº 07.073.114/0001-24.

REGISTRO ANTERIOR: Livro 2-RG, matrícula nº-61-668 em 29.08.2002, neste Ofício Imobiliário.

A Oficial

Gleci Palma Ribeiro Melo

AMA

R-001-65041 - 08 de Outubro de 2002.

PROTOCOLO OFICIAL Nº: 138.121, fls. 117, livro 1-L, em 23.09.2002.

TÍTULO: COMPRA E VENDA - Escritura pública datada de 23.09.2002, lavrada no livro nº 273, fls. 135/136 no Cartório da Trindade, 4º sub-distrito desta Capital.

TRANSMITENTE: SILSIS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA, já qualificada, neste ato representada por seu Luiz Fernando Gomes da Silva, brasileiro, solteiro, maior, engenheiro eletricitista, portador da C.I. nº 2.786.512-SSP-SC, inscrito no CPF/MF sob nº 888.744.159-15, residente e domiciliado à Rua Leo Victor, 99, Jardim Itaguacú, nesta cidade, Cidade, representada neste ato por seu procurador Paulo Roberto Pinho da Silveira, brasileiro, casado, engenheiro mecânico, inscrito no CPF/MF sob nº 518.281.779-20, portador da C.I. nº 1/R-88.794-SSP-SC, residente e domiciliado nesta Cidade, conforme procuração pública lavrada no Cartório de Santo Amaro da Imperatriz-SC, em 14.09.2001, às fls. 136 do livro 027.

ADQUIRENTE: ROGÉRIO CARLOS ALVES, publicitário, portador da C.I. nº 5376125-9-SSP/RS, inscrito no CTC sob nº 034.191.959-15, casado com GIANA WESTPHALEN NACHENENSO ALVES, socióloga, portadora da C.I. nº 556548-5-SSP/SC, inscrita no CTC sob nº 888.591.009-25, ambos brasileiros, casados pelo regime da comunhão parcial de bens, na vigência da Lei 6515/77, residentes e domiciliados à Rua Gilson da Costa Xavier, nº 1800, Sambaqui, neste município.

VALOR: R\$ 127.000,00.

CONDIÇÕES: Não tem.

OBSERVAÇÃO: Foram mencionados no título que deu origem a este continua...

Rua General Bittencourt, 238 - Centro - Florianópolis - Santa Catarina - Fone (48) 3223-4060 - Fax (48) 3223-4481
CEP 88020-102 - Home page: www.geci.com.br - E-Mail: geici@geci.com.br

Fig. 1 Matrícula no Registro de Imóveis. Fonte: CRI 2º Ofício Florianópolis.

Mesmo nos casos em que esta rede existe, implantadas pelas Administrações municipais, além de não existir nenhuma lei que obrigue a sua utilização para esta finalidade, não existe nenhum órgão público centralizador dos trabalhos, que exija que estes sejam feitos dentro de determinados métodos e procedimentos.

Assim, o levantamento, da maneira como vem sendo executado, deixa de situar a geometria do referido imóvel no contexto de outros imóveis, num único sistema de coordenadas.

Tradicionalmente uma planta, é o único documento que representa o levantamento e contém as feições do imóvel, desenhadas numa escala conveniente, com os ângulos, os rumos e a área do polígono em questão, porém, não apresenta nenhuma representação do sistema utilizado como referência para o levantamento. Por último, estes elementos geométricos do polígono, quer sejam em coordenadas polares ou retangulares, são descritos num memorial descritivo.

Desta forma os levantamentos dos limites legais das áreas urbanas, quase sempre oriundos de sistemas isolados, provocam duplicidade no levantamento de um mesmo limite contíguo, pertencente a dois ou mais imóveis.

Consequentemente, paga-se duas vezes para o levantamento deste único limite. Cada levantamento dará origem a uma geometria diferenciada para o mesmo limite mesmo que, sejam usados equipamentos eletrônicos da mais alta precisão hoje disponíveis no mercado. O limite legal da parcela é aquele descrito no registro de imóveis e nem sempre corresponde ao limite físico. A determinação do limite legal deve utilizar métodos que identifiquem a situação legal contida no documento (PIMENTEL; CARNEIRO, 2012).

Os limites das parcelas de imóveis vizinhos não são comparados entre si em nenhum órgão técnico, permanecendo quase sempre uma lacuna técnica (oriunda dos levantamentos duplos em sistemas diferentes) tendo como resultado, uma linha divisória com azimuth e distância descritos de forma diferente em cada título de propriedade. Mesmo assim, ambas acabam merecendo, pela atual legislação, a possibilidade de gerar a matrícula do imóvel correspondente.

2.3 ORIGINAIS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL

Os originais do levantamento cadastral de campo (o croqui de medição e a caderneta de campo) são os documentos mais importantes de todo o trabalho de cadastro territorial, já que este é baseado em medições. É somente nestes documentos que se encontram as medições, os seus controles e os métodos utilizados. Da sua clareza, da sua nitidez, dos números que aí se encontram escritos, depende seu valor, por isso é importante que sejam determinados padrões para a elaboração destes.

Desta forma, quando se pensa na possibilidade de utilizar tais informações para a confecção da carta cadastral, para a possível identificação do imóvel no registro imobiliário e para a garantia geométrica deste,

deve-se fazer um estudo rigoroso quanto à simbologia a ser utilizada no desenho dos croquis e na maneira mais eficaz de se escrever os valores numéricos das medições, obtidas durante a execução das operações de levantamento. Os detalhes a serem levantados em campo devem ser representados graficamente em escala aproximada e a mão livre, durante as medições ou preparados anteriormente. Os originais de levantamento cadastral de campo têm como conteúdo mais importante, as anotações dos valores numéricos das medições efetuadas no campo. Todas as medições efetuadas e controles devem ser registradas de forma sistemática, obedecendo regras que uma vez fixadas, conduzem sempre ao mesmo procedimento, qualquer que seja o profissional de medição, visando diminuir o risco de divergências nos trabalhos e ensejando comparabilidade e rápida correção de qualquer engano. As medições devem ser efetuadas com precisões pré-estabelecidas, de um imóvel no contexto de outros, ambos ligados a uma mesma base geométrica de referência única e pública, de modo a fornecer informações confiáveis capazes de dirimir quaisquer dúvidas sobre a integridade geométrica dos imóveis levantados. Forma-se assim, o conjunto dos registros originais oriundos de um levantamento sistemático e homogêneo.

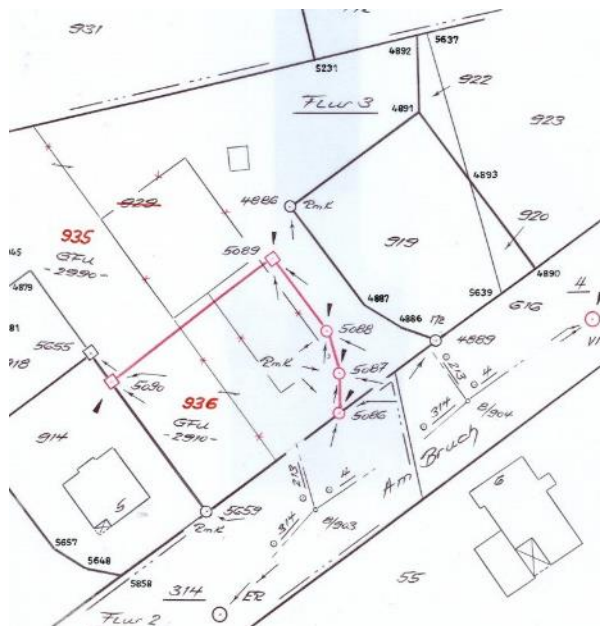


Fig. 2 Croqui de medição. Fonte: geoserver.hochsauerlandkreis.de.

É com base nas informações contidas nestes originais de medição que a carta cadastral sistemática é confeccionada. Toda vez que se necessitar construir nova carta ou houver dúvidas entre limites, recorre-se aos originais de medição. Estes originais tornam-se importantes instrumentos capazes de sanar de imediato tal disputa, permitindo a reconstituição original do limite do imóvel.

As informações constantes nos originais de medição permitem visualizar de pronto os imóveis que aí estão desenhados em escala aproximada, que contém ainda as medições de todos os pontos de interesse juntamente com o método que foi utilizado para a medição de cada ponto. Esse é o motivo pelo qual os originais de medição devem ser considerados como documentos.

2.4 TIPOS DE ORIGINAIS DE LEVANTAMENTO CADASTRAL

As anotações de campo efetuadas pelo técnico devem conter o registro completo de todas as medições feitas durante o levantamento. A melhor equipe de topografia pouco vale, se as anotações não forem completas e claras. As anotações de campo constituem-se no único registro disponível, após a equipe de campo ter deixado o local de levantamento e devem ser guardadas com evidência original, mediante a qual se produzem as cartas precisas em escalas grandes.

O registro é feito em croquis de medição, em cadernetas de campo através de formulários e tabelas ou em armazenador eletrônico de dados (coletor de dados) e em monografias dos pontos da rede. Quando o assunto se referir a questão de propriedade imobiliária, denominam-se os resultados destas medições, de originais do levantamento cadastral e neste caso, devem ser estabelecidos procedimentos gerais visando a desejável e imprescindível uniformidade dos elementos resultantes dos trabalhos de campo. Desta forma, é de capital importância a padronização dos registros efetuados durante as operações de levantamento. A metodologia e as especificações técnicas, devem obedecer a padrões e ser seguidas por todos os profissionais de forma que os apontamentos de campo possam ser compreendidos em qualquer época mesmo por aqueles que não são os seus autores.

2.4.1 Croqui de Medição

O croqui de medição é o registro das medições em forma de desenhos e valores numéricos. Pode ser confeccionado parcialmente, antes da realização das medições e concluído durante a realização das mesmas, ou confeccionado apenas durante a realização das medições.

Os croquis de medição descrevem as posições relativas dos pontos levantados e detalhes do terreno, complementados por valores numéricos de medições, nomes, números e outra informação de forma descritiva e simbólica a fim de constituir-lo em um documento completo de levantamento. No gabinete, o croqui é usado para traçar as cartas cadastrais e confeccionar os documentos de levantamento. Todas as informações devem ser assinaladas no croqui com a maior clareza possível pois são informações permanentes que, no caso de levantamentos relativos à propriedade, podem também ter significado legal. (BLACHUT et al., 1979, p.290)

De acordo com o INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (1995, p.23), o registro da origem dos dados técnicos é o suporte de um cadastro técnico, por este motivo é importante que permaneçam arquivados no escritório central respectivo, servindo como arquivo de segurança e para futuras consultas, devendo ser registrado em controle próprio.

A NBR 13.133, de maio de 1994, que normaliza a execução de levantamentos topográficos, define o croqui no seu item 3.6, da seguinte forma: croqui é o “esboço gráfico sem escala, em breves traços, que facilite a identificação de detalhes”, mas não apresenta procedimentos de como confeccionar o croqui.

2.4.2 Caderneta de Campo

Caderneta de campo é um documento destinado ao registro dos elementos numéricos (tabela de valores) das medições realizadas obtidas durante as diversas operações de levantamento. A seleção dos objetos a serem levantados por ocasião da medição, depende da finalidade do emprego do levantamento. Durante o registro, devem ser anotados os dados, devem ser realizados os esboços ou croquis assim como pequenos cálculos de verificação para conferir os resultados, que, normalmente permitem verificar em campo a necessidade de uma nova medição. (CINTRA & VEIGA, 1998). A caderneta é formada por uma lista de valores numéricos de medições de ângulos e de distâncias, nomes e outra informação em forma descritiva. Cada ponto medido por ângulo e distância deverá ter um número que servirá para correlacionar as medidas registradas nos croquis com as medidas correspondentes registradas na caderneta de campo. Os valores da tabela poderão ser registrados em cadernetas manuais ou eletrônicas.

A importância do registro dos dados é enfatizada por diversos autores. McCORMAC (1991) apud CINTRA & VEIGA (1998) diz que nenhuma fase do levantamento é tão importante quanto o registro das coordenadas de campo; CINTRA (1993) apud CINTRA e VEIGA (1998) acrescenta que sua importância é tal que normalmente em ações demarcatórias, cujo procedimento está prescrito no Código do Processo Civil, exige-se a anexação de uma cópia das anotações de campo ao processo jurídico estabelecido. Ainda de acordo com CINTRA e VEIGA (1998), os registros dos dados coletados em campo podem ser divididos em dois grupos: os manuais, utilizando-se uma caderneta de campo e os que são realizados eletronicamente, através de alguma forma de registro digital, como é o exemplo dos coletores de dados.

2.4.3 Caderneta de Campo Manual

A caderneta de campo é constituída normalmente por blocos de folhas impressas padronizadas, com tabelas, onde as medições são manualmente registradas, permitindo assim a organização dos registros dos valores medidos (coordenadas polares). Esta representa a forma mais antiga para o registro dos dados coletados.

São documentos próprios de equipamentos da geração óptico-mecânica e tendem a cair em desuso com o advento dos instrumentos eletrônicos (CINTRA & VEIGA, 1998).

A tabela 1 mostra um exemplo de caderneta de campo manual.

Tabela 1 - Exemplo de caderneta de campo manual.

Ponto de estação	Ponto visado	Coordenadas	Polares
		Direções (GMS)	Distâncias (m)
51	45	55°13'27"	-
	20001	329°50'23"	7,004
	20002	317°53'45"	8,764

2.4.4 Caderneta de Campo Eletrônica

Em decorrência da automação dos equipamentos para levantamentos, começou-se a pensar em uma forma de automatizar o registro dos dados coletados. Já na década de sessenta, começaram os primeiros testes neste sentido. Desde aquela época, esta automação evoluiu bastante. Hoje em dia, os equipamentos já possuem memórias internas que permitem a gravação de centenas e até milhares de medidas, com uma rapidez muito superior aos sistemas antigos (CINTRA & VEIGA, 1998).

```
'51_(PL_)1.564

_+45_<0920415+0551327+****d084_*PL_,0.000

_+20001_?+00007006m0884225+3295023d+0000

7004*60+00-30059_*V_,0.000
```

Fig. 3 - Exemplo de caderneta de campo eletrônica da estação total marca Topcon modelo GTS 213.

2.5 Monografia de um ponto de uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM)

Para a (NBR 14166/98) a RRCM é a rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e conseqüente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da Planta Cadastral Municipal.

A estrutura geodésica de referência deve ser considerada como um bem público, de utilidade pública, tendo seus valores registrados com fé pública. Desta forma, a responsabilidade do estabelecimento, atualização e arquivamento dos documentos e dados deverá ser de responsabilidade de um órgão público.

Para (BLACHUT, et al., 1979), a definição confiável de uma parcela, é um problema de levantamento. Em levantamentos cadastrais só são aceitáveis aqueles levantamentos baseados em uma rede de referência permanentemente monumentada, caso contrário o sistema é técnico e economicamente inadequado. A rede de referência proporciona precisão uniforme, sendo a primeira informação a ser representada na carta cadastral.

Cada ponto da rede de referência é medido e documentado individualmente em forma de uma monografia, de tal forma que a qualquer tempo possa ser verificado e se necessário, reconstituído. São arquivados na base de dados de pontos da carta cadastral. Com relação aos pontos da rede de referência esta base de dados contam no mínimo: uma carta da unidade administrativa (município, por exemplo), com a representação do conjunto de todos os pontos que pertencem a rede, incluindo sua numeração, ordem hierárquica, as linhas de intervisibilidade a outros pontos; a lista de coordenadas e a monografia de cada ponto com a data, o local e a assinatura do responsável técnico, como observado na Figura 4. (HASENACK, 2000).

Cada ponto após ter sido materializado no terreno, deverá ser referido por medição a pelo menos três testemunhos próximos (cantos de muros, cantos de edificações, interseções de meios-fios) localizados dentro de um raio de poucos metros do ponto. As distâncias são medidas com auxílio de trena e registradas em monografias elaboradas individualmente para cada ponto, indicando inclusive o tipo de material utilizado na sua confecção, o número, a ordem hierárquica a que pertence e a intervisibilidade a outros pontos da rede.

2.6 REGISTROS DE CAMPO

Para fins cadastrais as medições de campo devem ser registradas sistematicamente, isto é, serem organizadas, padronizadas, conter a ligação e a continuidade entre croquis adjacentes, utilizando para tal formulários e cadernetas adequadas para posterior processamento dos dados.

As observações de campo devem ser anotadas em formulários específicos, dando origem aos registros de campo. Os registros de campo dão origem aos originais de levantamento. Dependendo do método de levantamento utilizado, se empregam diferentes tipos de registros de campo e podem ser de dois tipos em: registros gráficos e tabela de valores.

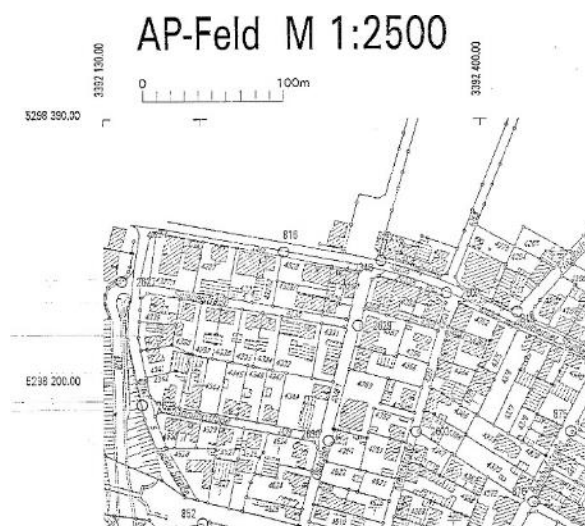


Fig. 4 – Pontos da rede de referência cadastral em área urbana e extrato de monografia, do município de Neuenburg am Rhein, Alemanha. Fonte: Staadtl. Vermessungamt Freiburg (2003).

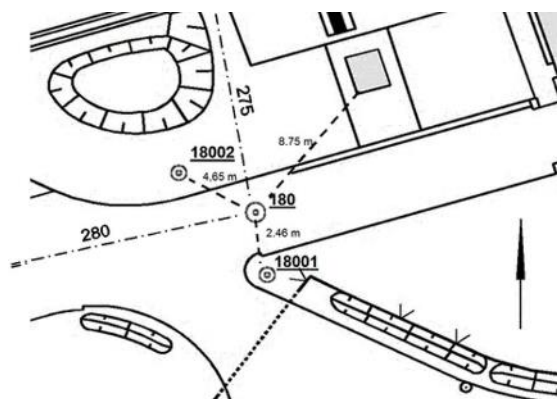


Fig. 5 – Extrato da monografia de um ponto da rede de referência. Fonte: bfrvermessung.de/index.php?id=3074

2.7 Registros Gráficos

Constituem-se basicamente em croquis que descrevem as posições relativas dos pontos levantados e detalhes do terreno, complementados com valores numéricos oriundos das medições. Além disso, eles contêm:

- os pontos pertencentes à estrutura geodésica de referência com os respectivos números;
- as linhas de referência de medição;
- todos os pontos medidos, demarcados ou não, (limite de propriedade, limite de edificações e outros), com o número dos pontos que mais tarde serão submetidos ao processamento dos dados;
- os valores numéricos das medições executadas em campo;
- os nomes das ruas;
- informações sobre o uso das edificações;
- a indicação expedita do norte;
- o código do croqui adjacente;
- código identificador da parcela;
- observações diversas.

Os pontos limites de propriedade, devem ter seus números correspondentes registrados nos croquis para que, a estes números, possam ser associadas às respectivas coordenadas plano- retangulares, tendo como resultado, uma lista de coordenadas planorretangulares. Também por este motivo deve-se ter o cuidado de numerar cada novo ponto de interesse.

2.7.1 Sinais Convencionados Para a Representação das Características do Terreno e das Medições nos Croquis de Campo

Os sinais convencionados que aqui serão apresentados não constituem uma lista completa, apenas uma sugestão dos autores. Serão divididos em sinais convencionados para a representação de pontos, sinais convencionados para a representação de linhas, sinais convencionados para representação de alguns elementos topográficos junto às linhas e representação de alguns tipos de uso do solo (Figura 6).

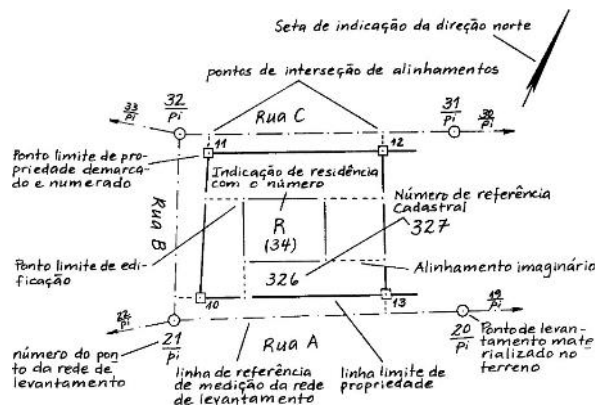


Fig. 6 - Alguns elementos de um registro de medição. Fonte: dos autores.

2.7.2 Sinais Convencionados Para a Representação de Pontos

Os pontos podem ser demarcados ou não. Eles devem ser desenhados no croqui com clareza. Dependendo da demarcação, os pontos podem estar assinalados dentro de um símbolo ou sinal próprio, no caso dos pontos não demarcados o símbolo é um ponto A figura 7 mostra alguns tipos de símbolos usados para pontos demarcados e a figura 8, mostra símbolos usados para pontos não demarcados.

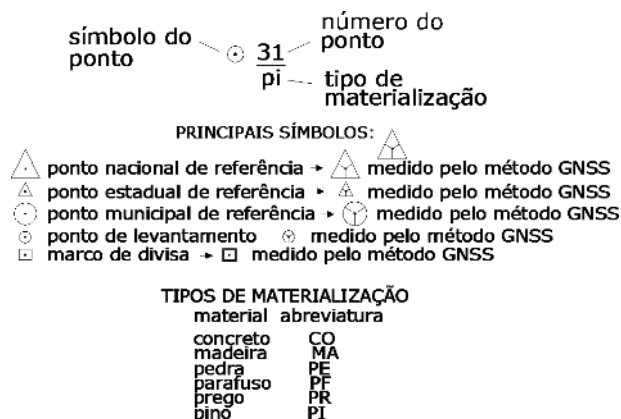


Fig. 7 - Sinais convencionados para pontos demarcados.

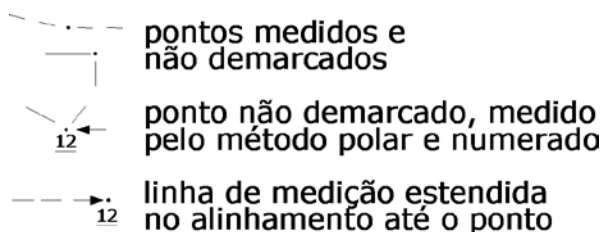


Fig. 8 - Sinais convencionados para pontos não demarcados.

2.7.3 Sinais Convencionados Para a Representação das Linhas

As linhas servem para conectar os diversos tipos de pontos, sendo em função disto, representadas de diversas formas e espessuras. Elas podem ser: linha poligonal, linha de feições, linha de alinhamento imaginário e linha limite de propriedade (Figura 9).

LINHAS

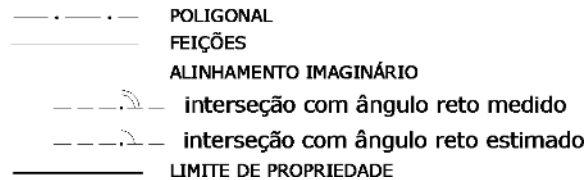


Fig. 9 - Sinais convencionais para linhas.

2.7.4 Sinais Convencionados Para a Representação de Alguns Elementos Topográficos Junto às Linhas

Quando o limite de propriedade vier acompanhado sobre ou junto a ele, de elementos de características topográficas, estes elementos terão particular importância. Em consequência, seus símbolos incluirão o limite de propriedade (Figura 10).

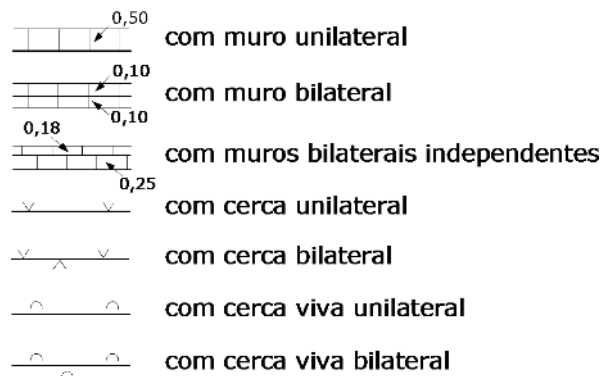


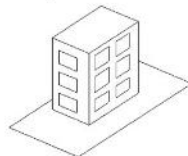
Fig. 10 - Detalhes topográficos junto às linhas limite de propriedade.

2.7.5 Sinais Convencionados Para a Representação de Alguns Tipos de Uso do Solo

Se na carta cadastral tiver indicação do uso e ocupação do solo, uma codificação apropriada deve ser estabelecida, como a da figura 11, sendo anotada diretamente no croqui.

R - área residencial, ex. casa ou terreno residencial
C - área comercial, ex. loja ou bar
S - serviços, ex. serviço religioso
E - edícula
Ga - garagem
P - para indicar o número de pavimentos

Exemplo de codificação



Código: 3P4R1C1S

(3 pavimentos, 4 residências, 1 comércio, 1 serviço)

Fig. 11 - Representação de alguns tipos de uso do solo.

2.8 EXEMPLO DE REGISTRO GRÁFICO DE CAMPO

A figura 12 mostra um registro gráfico (croqui) de um levantamento cadastral feito através de métodos e procedimentos bem definidos, para (MORAES *et al.*, 1998) a indicação precisa da localização de um imóvel, depende de procedimentos de levantamento que levem em conta não só os erros instrumentais mas também os erros observacionais. Os números nos círculos não são parte do croqui e servem de referência para representar as explicações que seguem:

1. prolongamento;
2. distância final medida sobre um alinhamento, representada por um sublinhado duplo, neste caso, 24,32m;

3. medida para controle de tensão entre dois pontos medidos;
4. largura do portão;
5. medida de controle do método ortogonal;
6. distância inicial medida sobre um alinhamento, neste caso, 0,0m;
7. ponto levantado pelo método polar controlado por duas direções distintas;
8. controle do método de alinhamento; código de uso do solo;
9. simbologia para indicação de residência.

Em muitos sistemas cadastrais de países com forte tradição em cadastro, o armazenamento de dados ainda é em meio analógico. Hoje em dia, existem muitos equipamentos de medição que são digitais, por esse motivo o armazenamento de medições em meio analógico tende a desaparecer. O armazenamento em meio digital oferece grandes vantagens, por exemplo, acesso rápido, atualização mais fácil, com uso multifinalitário. A idéia para armazenamento integrado de dados de medição (originais de medição), com elementos da carta cadastral em meio digital é antiga, sendo o caminho para o futuro. Hoje em dia não há razão para não integrar em meio digital os dados originais de medição com uma carta cadastral. Espera-se com isso, desenvolvimento adicional de hardware e software (por exemplo, cadernetas de campo eletrônicas, que possam ser usadas quase como papel) (STEINHÖFEL, 1998).

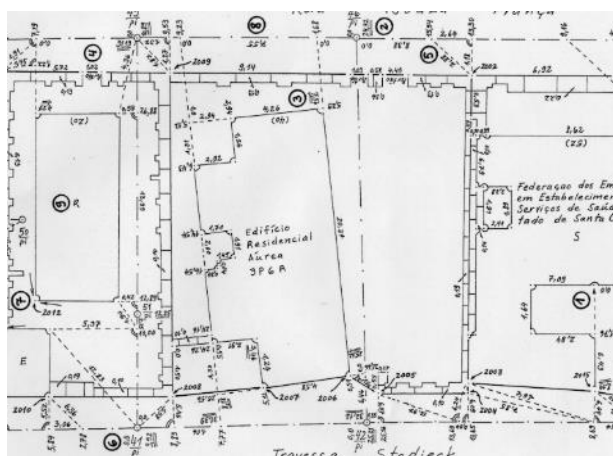


Fig: 12 - Exemplo de registro gráfico. Fonte: dos autores.

O sistema do registro de terra na Alemanha é um sistema compartilhado. A situação legal da propriedade é descrita no ofício de registro de terras denominado "*Grundbuch*". A descrição geométrica dos limites das parcelas territoriais contidos na carta cadastral automatizada (ALK), e os registros de campo e os registros textuais no registro automatizado das parcelas (ALB) estão nas mãos das autoridades cadastrais. A intercomunicação entre o *Grundbuch* e o cadastro dão uma visão geral e completa sobre a situação física e legal da propriedade da terra. Ambos os registros são mantidos constantemente atualizados. (HAWERK, 2002; GUNDELSWEILER et al, 2007).

2.9 CONCLUSÕES

O trabalho de levantamento cadastral, deve ser suficientemente preciso, pois deverá satisfazer os requerimentos mais importantes ou de maior precisão, neste caso, a garantia dos limites legais das propriedades imobiliárias.

O uso de simbologia adequada e de procedimentos próprios para o registro dos dados levantados em campo, para cada método, mostra-se muito eficaz, permitindo padronização e fácil compreensão, fundamental para que haja uma interpretação universal. Somente desta maneira, os registros originais de levantamento de campo, poderão ser parte integrantes dos documentos legais que dizem respeito às propriedades imobiliárias conhecendo-se a qualquer tempo o histórico das medições efetuadas.

Somente através de medições sistemáticas com regras e procedimentos bem definidos, com reconhecimento jurídico-registral, apoiadas em uma estrutura geodésica de referência única e pública, materializada e densificada até o nível de levantamento, é que se consegue consistência nos dados originais de medição, fundamental em qualquer sistema cadastral.

Espera-se desta forma, que num futuro bem próximo estas regras já possam ser partes integrantes e exigidas legalmente em cadastros.

2.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133: execução do levantamento topográfico - procedimento**. Rio de Janeiro, 1994. 35p

BLACHUT, T. J., CHRZANOWSKI, A., SAASTAMOINEN, J.H. **Cartografía y levantamientos urbanos**. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. New York: Inc. Springer-Verlag. 1979. 519p.

BRASIL. Lei 6.015, de 31/12/1973. **Dispõe sobre os Registros Públicos** [online]. Disponível pela Internet. URL: <http://wwwt.senado.gov.br/legbra/brssorry2.html>. Arquivo capturado em 18/01/10.

CINTRA, J. P. **Automação de topografia: do campo ao projeto**. USP,1993 Tese (Livre docência) Departamento de Engenharia de Transportes na área de Informações Espaciais. Universidade de São Paulo. São Paulo,1993, 120p.

CINTRA, J. P.; VEIGA, L. A. K. **Automação da coleta de dados em campo**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, out./98 Florianópolis: UFSC–ECV - Grupo de Cadastro Técnico. Anais em CD. p.154-162,1998.

GUNDELSWEILER, G.; BARTOSCHEK, T.; SÁ, L. A. C. M. **Development in the german cadastre**. Boletim de Ciências Geodésicas. v. 13, p. 423- 432, jul-dez, 2007.

HASENACK, M. **Originais de Levantamento Topográfico Cadastral – Possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis**. Dissertação de Mestrado. UFSC. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2000. 130p

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Cadastro técnico rural – manual operacional**. Governo do Estado do Meio Ambiente do Paraná – SEMA, Curitiba, 1995, 51p.

MCCORMAC, J. C. **Survey fundamentals**. 2 ed. New York, Prentice Hall, 1991. 567p.

MORAES, C. V.; FREITAS, S. R. C.;GEMAEL, C. **Demarcação do perímetro para a discriminação de terras devolutas**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 3, p. 82-84, 1998.

PIMENTEL, J. S.; CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro territorial multifinalitário em município de pequeno porte de acordo com os conceitos da portaria n.511 do ministério das cidades**. Revista Brasileira de Cartografia, nº64/2, p. 201-212, 2012

STEINHÖFEL, J. **Integração dos Dados de Medição em um Mapa digital do Cadastro Imobiliário no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Diplomarbeit), Technische Universität Dresden / UFSC, Florianópolis, 1998, 87p.

3 O CONTEÚDO DO SISTEMA BÁSICO DO CTM

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente os levantamentos topográficos são feitos geralmente em sistemas isolados (utilizando-se sistemas locais). um dos motivos geradores deste procedimento é o de não existir uma rede pública de pontos fixos pertencentes ao sistema geral e único do país com uma densidade suficiente que permita a conexão dos levantamentos dos bens imóveis, como acontece em países com maior tradição em cadastro.

O modelo de cadastro territorial adotado no Brasil não contempla o conteúdo básico do CTM (Cadastro Territorial Multifinalitário), também denominado de sistema básico comum, definido pela FIG (Federação Internacional de Geômetras) (1995) e pela Portaria 511 (2009) do Ministério das Cidades. O conteúdo do sistema básico do CTM está evidenciado no Artigo 7 da Portaria 511 (2009), onde diz que o CTM é constituído do arquivo de documentos originais de levantamento cadastral de campo, do arquivo dos dados literais (alfanuméricos) referentes às parcelas cadastrais e da carta cadastral. O modelo adotado no Brasil não tem resolvido o problema das incertezas dos limites de imóveis e de suas posições legais nas áreas urbanas.

3.2 O SISTEMA BÁSICO DO CTM

Segundo Philips (2004), o sistema básico do CTM representado pela Figura 1 é um sistema de informação básica que serve, com exclusividade, apenas para a identificação da parcela/imóvel (para a comprovação oficial dos limites).



Figura 1 - Sistema básico do CTM e seus componentes. (Fonte: adaptada de Philips, 2003).

Para a Portaria 511 (2009), o sistema de informação básica do CTM deve conter apenas os dados necessários que permitam a sua atualização de forma simples. De acordo com o Artigo 4 da Portaria 511 (2009), os dados (básicos) do CTM, quando correlacionados às informações constantes no RI, constituem o SICART (Sistema de Cadastro e Registro Territorial).

3.3 ORIGINAIS DE LEVANTAMENTO

Conjunto de documentos de caráter legal que consiste de todas as peças técnicas que embasam a representação das parcelas territoriais sobre a carta cadastral. A esse conjunto de documentos pertencem: o croqui de medição de campo; os registros dos valores numéricos das medições, com os instrumentos e métodos utilizados; as coordenadas dos pontos de referência da rede cadastral e pontos limites das parcelas territoriais; o cálculo de coordenadas de todos os pontos levantados e demarcados com as suas precisões (novos pontos da rede de referência); pontos limites de edificações; os controles das medições; o identificador numérico de cada parcela, bem como a memória de cálculo da área superficial atribuídas ao imóvel com as declarações de reconhecimento dos proprietários para o resultado das medições e para a localização dos limites das parcelas territoriais.

Acompanham também em cada documento de levantamento, a assinatura do responsável técnico, o local e a data do levantamento e/ou da demarcação. Os documentos são arquivados com evidência original e formam a base oficial para a comprovação dos limites determinados, para a confecção e a atualização das cartas cadastrais, além de possibilitar o acompanhamento histórico da dinâmica de transformação dos limites legais ao longo do tempo (HASENACK, 2000). A Figura 2 representa um croqui de medição de manutenção do cadastro, documento que representa o original de levantamento cadastral de campo.

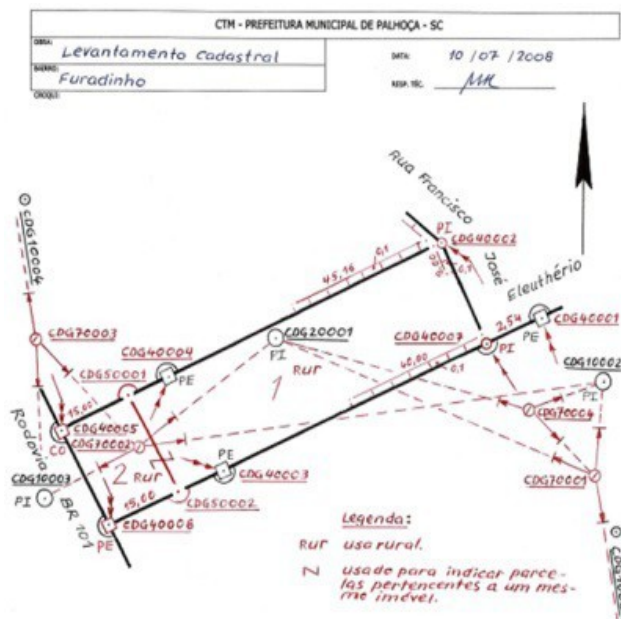


Figura 2.- croqui de medição indicando em vermelho situação nova para a manutenção do CTM.

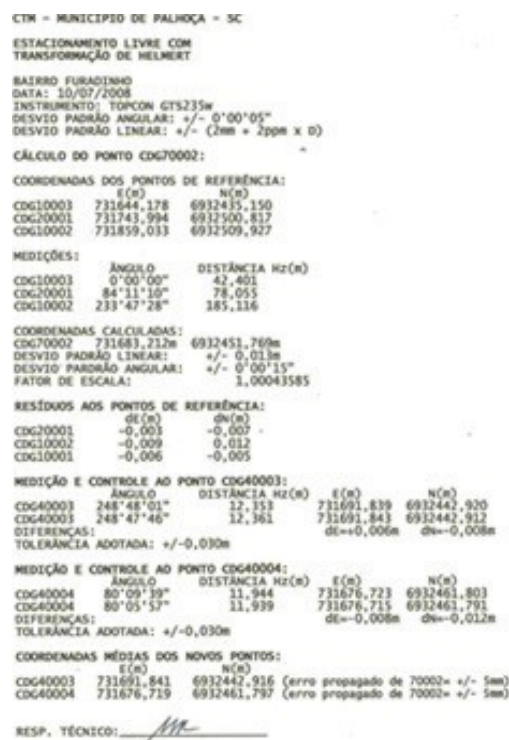


Figura 3.- Dados originais de campo, medições, cálculos, controles e precisões

3.4 DADOS ALFANUMÉRICOS

Após a verificação técnica e legal, por exemplo, por parte de um fiscal do CTM, os dados originais de levantamento cadastral de campo são liberados para servir de base para a confecção/atualização da carta cadastral, bem como para compor ou atualizar a base de dados alfanumérica que corresponde à parte descritiva do CTM. Depois disso, os originais de levantamento cadastral de campo são arquivados em forma original como base métrica, para a comprovação das medições como também para documentar a história das parcelas territoriais.

A base de dados alfanumérica é de grande valor para o mercado imobiliário, para o RI, para fins estatísticos e fiscais, e deve ser elaborada em forma de uma lista de parcelas territoriais, com atributos tais como o número da parcela, a superfície, o uso do solo e a referência para localizar a parcela na carta cadastral

(Philips, 2006). O mesmo autor comenta ainda que essa base de dados deve conter alguns dados provenientes do ofício de RI da comarca à qual pertence o imóvel, por exemplo, proprietários e direitos, os números das matrículas dos imóveis no RI, etc.

Philips (2010) apud Cunha e Erba (2010) apresenta um exemplo de como os dados literais (alfanuméricos) são armazenados no CTM. Ver Figura 4.

A Figura 5 demonstra os dados que compõem o boletim de dados literais (alfanuméricos).

Código	Nome do proprietário	Nome do posseiro	Área (m²)	...outros dados das parcelas...		
1	Silva, Maria	Silva, Maria	322			
2	Silva, Maria da	Medina, José	102			
3	Costa, João	Silva, Maria	165			

Figura 4 - forma de armazenamento de dados literais (alfanuméricos) no CTM. (Fonte: Philips, 2010).

Código da parcela territorial.	Identifica de maneira inequívoca a parcela em todo o território nacional. <i>Exemplo: 42 4211900-1</i> 42 Código para o Estado de Santa Catarina. Fonte: IBGE. 4211900 Código para o Município de Palhoça, SC. Fonte: IBGE. 1 Numeração livre, criado automaticamente no sistema informatizado do CTM da Prefeitura, como comentado no item 6.3.
Data	Indica a data de entrada dos dados na base de dados literais (alfanuméricos)
Nome do proprietário	Indica o nome completo do proprietário legal da parcela.
Nome do posseiro	Indica o nome completo do indivíduo que detém a posse da parcela.
Área superficial da parcela	Indica a superfície em metros quadrados.
Origem da parcela	Indica a data de criação da parcela.
Parcelas anteriores e posteriores	Permite acompanhar a evolução da parcela.
Coordenadas do centróide da parcela	Permite vincular a parcela à carta cadastral a que pertence.
Uso da parcela	Apresenta o uso fático dado à parcela territorial. Para uma parcela com mais de um tipo de uso a parcela é segmentada e as áreas superficiais de cada segmento são registradas separadamente. Não recebe código identificador nem lhe são atribuídas coordenadas de localização.
Leis vinculadas	Relaciona as leis que definem direitos e restrições impostas à parcela (Ex.: recuos obrigatórios, etc.)
Identificador do imóvel ao qual pertence a parcela no Ofício de Registro de Imóveis.	Matrícula do imóvel ao qual pertence à parcela.
Edificações	Relaciona as edificações existentes na parcela com a indicação a que se destina.
Endereço	Localiza a parcela territorial com endereço: Rua, nº, Bairro, CEP e Município

Figura 5 - exemplo de dados para compor um boletim da base de dados alfanuméricos, de uma parcela do CTM. (Fonte: adaptado de Philips, 2010).

3.5 CARTA CADASTRAL

A evolução tecnológica nos permite cada vez mais informatizar tanto os dados relativos à base métrica do cadastro, representada pelos originais de levantamento cadastral de campo e pela carta cadastral, bem como os dados alfanuméricos, e ainda integrar estes com os dados dos ofícios de RI. A Portaria 511 (2009) em seu Artigo 4, denomina essa integração para o CTM nos municípios brasileiros de "SICART - Sistema de Cadastro e Registro Territorial". A tecnologia atualmente utilizada para isto são os Sistemas de Informações Territoriais, que devem possuir módulos para o gerenciamento do SICART, como também para a integração deste com os cadastros temáticos.

A carta cadastral deve ser pensada em formato numérico, de tal maneira que os dados possam ser representados e impressos através de extratos em qualquer escala. Como consequência, o produto deve ser

reconhecível independente da sua escala de representação. Isto implica que os sinais convencionados para os objetos e os tipos e estilos de texto devem ser definidos com clareza. Quando as proporções são satisfeitas, o produto é reconhecido imediatamente. Para a representação impressa desta carta se faz necessário adotar um fator de redução ou ampliação para que as proporções possam ser garantidas.

São várias as publicações que trazem os elementos básicos a serem representados graficamente na carta cadastral. São eles, as parcelas territoriais, os números e limites das parcelas territoriais com as suas demarcações, as edificações, o uso atual do solo e os pontos de referência de medição. Dentre as publicações podem ser citadas: Blachut et al (1979), Enemark (1993), Philips (1996), Benning (2000), Eylert e Wilke (2003), Witte e Schmidt (2006), Cesare e Cunha (2010), Ullmann (2011) e Swisstopo (2012).

A Figura 6 representa os elementos básicos a serem representados na carta cadastral, tais como: uso atual do solo, edificações com os seus números, nomes de logradouros, pontos limites das parcelas territoriais, linhas limites das parcelas territoriais, identificação das parcelas territoriais e pontos de referência de medições.

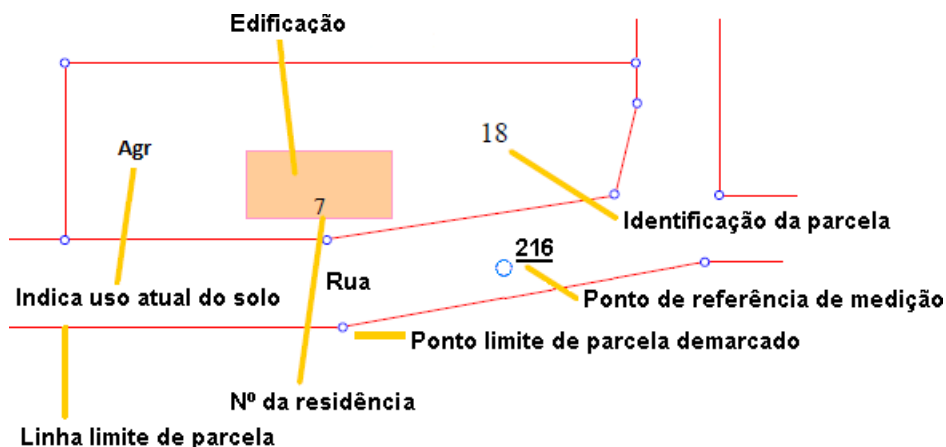


Figura 6 - Elementos básicos a serem representados na carta cadastral automatizada alemã (ALK). (Fonte: adaptada de Eylert e Wilke, 2003).

3.5.1 Fluxo de confecção da carta cadastral do sistema básico do CTM

Considerando a existência de norma técnica e que profissionais foram treinados para a aplicação dessa norma técnica, como também para a execução e gestão do CTM, será, então, apresentado o roteiro que demonstra o desenvolvimento da cartografia cadastral do sistema básico do CTM, conforme os anseios da Portaria 511 (2009).

- Inicialmente, no momento em que ainda nenhuma informação territorial relacionada ao cadastro tenha dado entrada no CTM, a carta cadastral encontra-se em “branco”. Neste instante, a carta cadastral contém apenas a moldura com a representação das quadriculas, trazendo nas bordas do extrato as coordenadas plano-retangulares de identificação da linha que representam o título, a escala, ou seja, as informações previstas na norma.
- O CTM deve estabelecer a RRCM no âmbito da sua jurisdição, no sistema geodésico de referência e no sistema de projeção cartográfico previstos na norma técnica e de conformidade com ela. Uma vez que esta RRCM passa a existir, os primeiros elementos a serem representados na carta são os pontos da RRCM. A norma técnica deve também prever a criação de novos pontos, de maneira que a aplicação contínua destes conduza ao seu adensamento e à incorporação gradativa dos seus elementos na carta cadastral. Deve ser prevista, também, a constante manutenção dos pontos da rede.
- A partir da RRCM e do seu consequente adensamento, são levantadas as informações de interesse do sistema básico do CTM. Para que o CTM possa ser sistemático, o profissional deve coletar informações relacionadas à parcela a ser levantada como o título de propriedade do imóvel, os pontos da RRCM que se localizam em seu entorno, através de uma lista de coordenadas e monografias, e possíveis levantamentos que possuem limites contíguos através dos originais de levantamentos de campo e extratos da carta cadastral. Com base nas informações coletadas e após o levantamento executado com obediência à norma técnica, o profissional retorna ao setor de cadastro e entrega o resultado das medições (originais de levantamento cadastral de campo) para a validação do levantamento pela equipe técnica do CTM. Uma vez que o levantamento é validado, ele passa a compor a carta cadastral. Dessa forma, cada levantamento, na medida em que for sendo executado e

validado, vai servindo para compor a carta cadastral até que a totalidade do município seja contemplada.

A Figura 7 apresenta um extrato de carta cadastral, com grande parte de sua superfície representada por parcelas territoriais, totalmente consistentes entre elas.

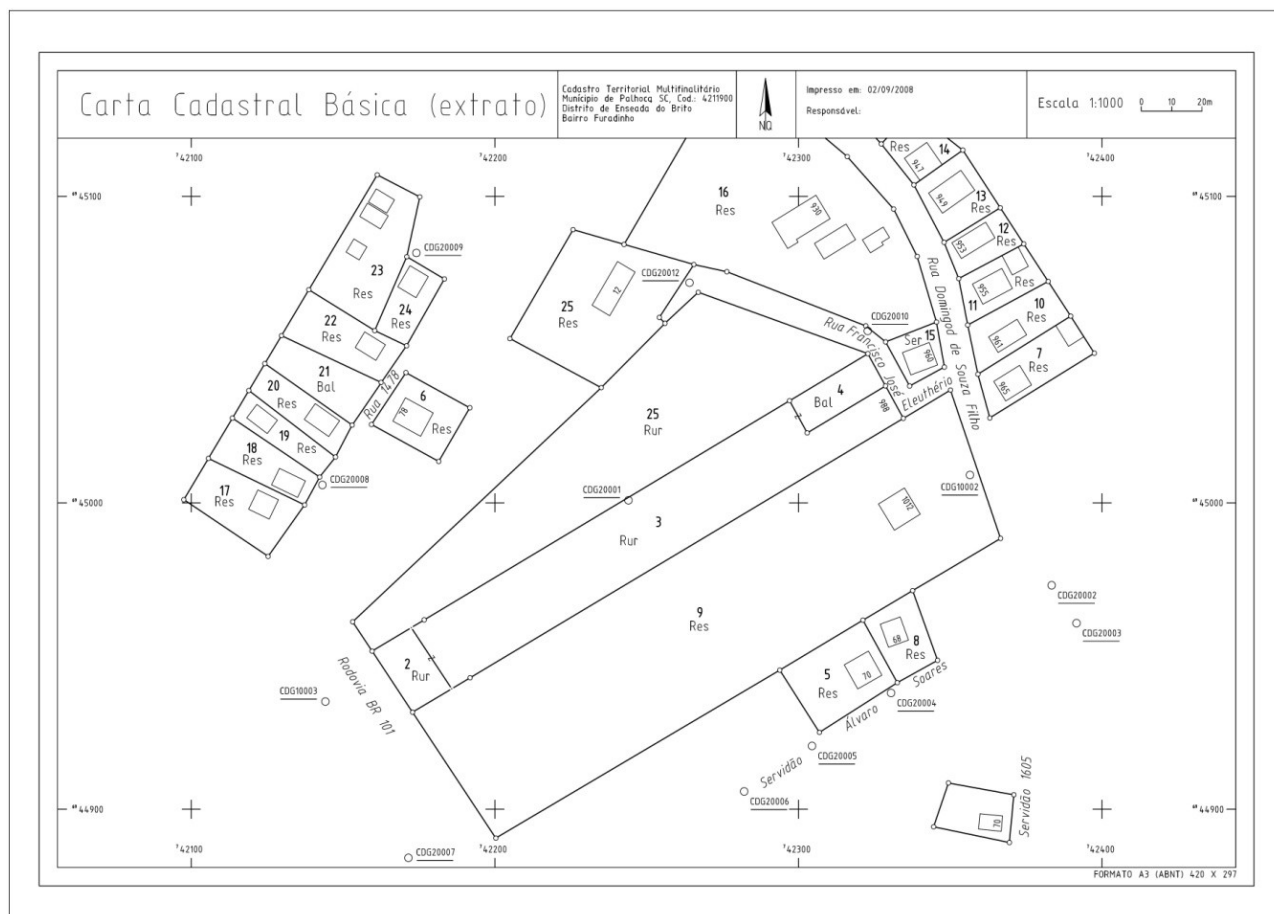


Figura 7 - Extrato da carta cadastral, com grande parte de sua superfície representada por parcelas territoriais, totalmente consistentes entre elas.

Aplicado esse procedimento, a carta cadastral pode ser constantemente ampliada e mantida atualizada até que a totalidade do território do município esteja contemplado, embora não haja a necessidade que os levantamentos sejam contíguos. A exigência para que os levantamentos sejam realizados pode ser feita em legislação específica onde são estabelecidos os critérios em que o proprietário, as concessionárias de serviços e o poder público, por exemplo, são obrigados a realizar ou atualizar os dados cadastrais das suas parcelas. Como sugestões, são apresentadas algumas situações que poderiam ser condição para efetuar o levantamento cadastral de campo:

- quando da emissão das guias do Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis nas alienações por parte da municipalidade;
- na aprovação de projetos de edificações e de parcelamentos do solo (loteamentos, desmembramentos, unificações);
- na anuência (por parte da municipalidade) nos casos de retificação dos limites de áreas particulares, provocada por parte do interessado que é o proprietário;
- na retificação dos limites de áreas públicas, quando existe a necessidade por parte da administração pública (atividade exercida pela própria municipalidade);
- na regularização fundiária de interesse social em Zonas Especiais de Interesse Social, a cargo da administração pública (atividade exercida pela própria municipalidade);
- na criação de logradouros por parte do poder legislativo municipal;
- na definição de alinhamentos prediais (atividade exercida pela própria municipalidade);
- na anuência (por parte da municipalidade) em ações de usucapião;
- nas averbações e registros para alienações bancárias (hipotecas);

- nas averbações e registros para definição de áreas de proteção permanente;
- nas sucessões por formal de áreas partilha.

Ficam assim atendidos, de uma forma geral, todos os atos que modificam ou possam modificar os limites legais das parcelas do município. A municipalidade tem obrigação constitucional de promover o adequado ordenamento territorial, mediante o planejamento e o controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo.

Dessa forma, a carta cadastral é realizada ao longo do tempo. Na medida em que os levantamentos vão sendo realizados, a carta cadastral é construída e atualizada, sendo um processo contínuo, de forma a representar sempre o estado atual das parcelas territoriais, ou seja, ela é atualizada ao dia. Vale lembrar que a carta cadastral na sua essência é uma carta muito simples, e que, portanto, os elementos que a compõem devem ser os mais básicos possíveis, conforme definido pela Portaria 511 (2009).

3.6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema básico do CTM, é um processo lento e tem que ser continuado. Para que esse modelo seja completado para toda a superfície territorial de um município, vai demandar muito tempo, pois a sua construção é gradual. No entanto, alguns elementos que o compõem devem ser utilizados como base geométrica para todos os levantamentos oficiais do município. É o caso, por exemplo, da RRCM.

Os municípios devem organizar um setor técnico para a implantação e manutenção do sistema básico do CTM, que deve ser definido por lei municipal e que não seja susceptível às mudanças políticas administrativas.

A implantação de um cadastro que atenda às necessidades do sistema básico do CTM facilita o gerenciamento dos limites legais, bem como proporciona o intercâmbio com o RI.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNING, W. KATGIS - **um protótipo alemão de integração entre o cadastro de bens imobiliários e o registro geral de imóveis**. Geodesia On-Line, n.3, 1998. Disponível em: < <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/1998/03/benning.htm> >. Acesso em: 20/09/2000.

BLACHUT, T. J.; CHRZANOWSKI, A.; SAASTAMOINEN, J.H. **Cartografía y levantamientos urbanos**. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. New York: Inc. Springer-Verlag. 1979.

BRASIL. Portaria nº 511, de 07 de dezembro de 2009. **Estabelece Diretrizes para a Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Diário oficial [da] união, Brasília, 08 dez 2009. Disponível em: < <http://www.capacidades.gov.br> >. Acesso em 10/08/2012.

CESARE, C. M. de; CUNHA, E. M. P. **Questões cadastrais: discussão, análise e identificação de soluções para problemas e casos práticos**. In: CESARE, C. M. de; OLIVEIRA, F. H.; CUNHA, E. M. P. Cadastro territorial multifinalitário: contextualização, importância e desafios. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

ENEMARK, S. **Estrategias en la planificación territorial (hacia un control amplio del medio ambiente)**. Topografía y Cartografía Vol. IX Nº 59 Nov-Dic. Pp. 13-20. Madrid España: 1993

EYLERT, N; WILKE, F. **Verwendung von Katasterdaten für die Erstellung eines ALK-Datenbestandes innerhalb einer ländlichen Ortslage**. Diplomarbeit. Technische Fachhochschule Berlin. Berlin, 2003.

FIG. **Statement on the cadastre**. International Federation of Surveyors, FIG Bureau, Canberra, Australia. 1995.

HASENACK, M. **Originais de levantamento topográfico cadastral – possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, 2000.

PHILIPS, J. **Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários**. In: Anais II congresso brasileiro de cadastro técnico multifinalitário – COBRAC. Anais. Florianópolis, 13 a 17 out. 1996, p. II – 170.

PHILIPS, J. **Breve histórico do cadastro de imóveis no mundo**. Revista de direito imobiliário/IRIB, São Paulo: RT, n. 317, p. 14 – 19, jun./ago. 2004. Disponível em: < <http://iribnet.com.br/revista/reserva/revista317/317.pdf> >. Acesso em 10/08/2012.

PHILIPS, J. Das disposições gerais. In: CUNHA, E. M. P. e ERBA, D. A. Manual de apoio – CTM: diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

SWISSTOPO: BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAFIE, EIDGENÖSSISCHE VERMESSUNGSIREKTION. **Weisungen Darstellung des Planes für das Grundbuch**. Wabern: Swisstopo, 2012.

ULLMANN, A. **Die Liegenschaftskarte als Grundlage für Baugenehmigungsverfahren in Brandenburg**. Bachelorarbeit, Hochschule Neubrandenburg. Neubrandenburg, 2011.

WILLIAMSON, I. **A modern Cadastre for New South Wales**. Unisurv report S23. Kensington: The University of New South Wales, 1983. 257p.

WITTE, B.; SCHMIDT, H. **Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen**. – 6. Auflage – Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 2006.

4 REDE DE REFERÊNCIA MUNICIPAL PARA ESTAÇÕES LIVRES: UMA PROPOSTA DE BAIXO CUSTO E GRANDE ABRANGÊNCIA

IVANDRO KLEIN
ivandroklein@gmail.com

MATHEUS PEREIRA GUZATTO
matheuspguzatto@gmail.com

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

ARTHUR PEIXOTO BERBERT LIMA
arthur.berbert@ifsc.edu.br

STEFAN FRITSCHKE
st3fanf@yahoo.com.br

LUIZ ALBERTO MIRANDA REGINA JUNIOR
luiz.amrj@aluno.ifsc.edu.br

GABRIEL FELDMANN MOMO
gabriel2momo@gmail.com

4.1 INTRODUÇÃO

Diariamente, milhares de levantamentos topográficos e geodésicos são realizados nos municípios de todo o país, para as mais variadas finalidades, como construção civil (locação e controle de obras como terraplanagem, túneis, pontes, dutos, edificações e loteamentos); serviços de agrimensura (definição e demarcação de limites legais, retificações de imóveis, parcelamento do solo, desmembramentos, remembramentos e usucapião); no cadastro territorial multifinalitário (cadastro fiscal, físico, legal, ambiental, viário, urbano), dentre diversas outras aplicações.

Idealmente, todos os levantamentos realizados no município devem estar vinculados a um mesmo sistema de referência, facilitando a integração entre estes dados e alimentando um sistema único de informações geográficas, o que possibilita uma série de benefícios como melhor planejamento urbano e prevenção de acidentes ou conflitos (ver, por exemplo, HASENACK, 2013; DE PAULA NETO, 2014).

Enquanto países como Alemanha, Áustria e Suíça possuem redes de referência altamente densificadas, com pontos de apoio espaçados algumas dezenas ou centenas de metros (ver HASENACK, 2013), os municípios do nosso país, em geral, ainda carecem de redes de referência com densidade suficiente de pontos para que qualquer profissional possa executar levantamentos dentro do sistema de referência do município, e, desta forma, alimentar o seu sistema de informações geográficas, mantendo o mapeamento e o cadastro territorial sempre atualizados.

Cabe aqui ressaltar que diversos esforços estão sendo feitos neste sentido, como por exemplo, o caso da prefeitura municipal de Porto Alegre, que atualmente conta com mais de noventa pontos de apoio em sua rede de referência municipal – RRM (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2013); e o caso da rede GNSS (Global Navigation Satellite System) ativa do estado de São Paulo, que atualmente conta com vinte estações GNSS ativas (UNESP, 2016), dentre outros.

Entretanto, a realidade da grande maioria dos municípios do país é a falta de uma rede de referência altamente densificada. Este fato é ainda mais crítico se for considerado o Projeto de Lei 3876/2015, que atualmente tramita no Congresso Nacional e estabelece normas para a elaboração do cadastro territorial dos municípios, sendo que a identificação geométrica das parcelas territoriais deve ser vinculada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). O conteúdo de inteiro teor pode ser verificado no seguinte endereço eletrônico:

http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1422235&filename=PL+3876/2015.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para a implantação de RRM de baixo custo e grande abrangência, para que se possa executar levantamentos em qualquer região do município. A proposta consiste na escolha de pontos de apoio em locais de grande visibilidade, como topos de prédios e morros, onde as coordenadas dos pontos de apoio são determinadas por posicionamento GNSS; e, após isto, prismas refletivos 360° são instalados nestes pontos, possibilitando o uso do método de estação livre (EL) para realizar levantamentos no sistema de referência do município.

Para avaliar esta metodologia, experimentos foram realizados no entorno do campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), onde seis pontos de apoio foram implantados de acordo com esta proposta. As posições dos pontos de EL vinculadas ao SGB foram determinadas por meio de medições aos pontos de apoio e aplicação de uma transformação 3D de seis parâmetros, possibilitando analisar tanto a precisão posicional dos pontos de EL; quanto à exatidão (acurácia) posicional destes, no caso da aplicação do método de EL sobre marcos de coordenadas conhecidas.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE REDES DE REFERÊNCIA MUNICIPAIS (RRM) E O MÉTODO DE ESTAÇÃO LIVRE (EL)

Uma rede de referência consiste em um conjunto de pontos de apoio devidamente materializados no terreno, cujas coordenadas (posições) em relação a um sistema de referência são determinadas por meio de observações terrestres como medidas de ângulos e distâncias entre estes pontos, e/ou por meio de técnicas espaciais como os métodos de posicionamento GNSS (KLEIN, 2014).

Redes de referência são utilizadas nos mais diversos ramos da Ciência e da Engenharia, como por exemplo, na materialização de sistemas de referência globais (ALTAMIMI et al., 2011); no apoio e controle básico aos projetos de mapeamento topográfico (IBGE, 1993); no cadastro técnico rural e urbano (AMORIM, 2004); no monitoramento de deformações de estruturas (CHAVES, 2001); na locação de obras de engenharia (PINTO, 2000); no monitoramento de fenômenos dinâmicos sobre a superfície terrestre (DREWES & HEIDBACH, 2009); na implantação e manutenção de diversos serviços de infraestrutura (IBGE, 1983), dentre outros.

No caso dos municípios, algumas das principais aplicações de uma RRM são na locação e controle de obras de engenharia; em serviços de agrimensura e no cadastro territorial, sendo que, atualmente, os métodos mais empregados na implantação de RRM no país são por meio de tecnologia GNSS (ver AMORIM, 2004) ou poligonação eletrônica (PE) utilizando prismas refletivos e estações totais (ver SOUZA, 2001).

Uma vantagem do uso da tecnologia GNSS é que as coordenadas dos pontos levantados são fornecidas em um sistema de referência global, isto é, o posicionamento é dito georreferenciado, compatível com o atual sistema de referência oficial do país, o SIRGAS2000 (ver MONICO, 2008). Entretanto, o uso da tecnologia GNSS com alto nível de precisão, isto é, centimétrica ou milimétrica, envolve o uso de antenas e receptores que custam dezenas de milhares de reais.

Além disso, para obter resultados precisos em tempo-real, deve-se dispor de equipamento com comunicação por rádio ou internet, como pelo protocolo NTRIP (Networked Transport of RTCM via internet Protocol), para a obtenção de dados (correções) de estações GNSS de referência (ver COSTA et al., 2008).

O estabelecimento de uma rede GNSS ativa, isto é, disponível 24h por dia, com transferência de dados em tempo-real via internet, envolve uma logística complexa (ver IBGE, 2016). Ressalta-se que muitas aplicações em áreas urbanas, como a locação e o controle de obras de engenharia, por exemplo, necessitam de posicionamento preciso em tempo-real. O IBGE fornece um serviço de posicionamento preciso em tempo-real para regiões nas imediações de estações GNSS ativas do SGB (RBMC-IP), porém, tal fato ainda não é realidade na maioria dos municípios do Brasil.

Por fim, o posicionamento GNSS em áreas urbanas pode apresentar limitações, em função do erro de multicaminho e o bloqueio dos sinais pelas edificações (BEN-MOSHE et al., 2011). Desta forma, o uso da tecnologia GNSS, por meio de uma rede de estações ativas, na qual o profissional necessita dispor de equipamento GNSS e acesso a internet para acessar os dados (correções) das estações de referência e realizar posicionamento com precisão centimétrica em tempo-real, não é uma alternativa ótima para levantamentos vinculados a uma RRM, pois o posicionamento GNSS pode apresentar limitações em áreas urbanas, restringindo a sua aplicação. Alternativas como o sistema japonês QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) vem sendo desenvolvidas, porém, ainda não apresentam nível de precisão centimétrica em todo tipo de área urbana, além de não ser realidade em nosso país.

Alternativamente, a PE também apresenta nível de precisão centimétrica, devendo, para isto, envolver uma série de medições, pois cada ponto da RRM deve ser ocupado com estação total (ET) e visar um ponto de ré e outro de vante em pelo menos duas leituras com controle das medições, o que demanda grande tempo de execução (ver ABNT, 1994).

Além disso, uma vez que a poligonal está implantada, a ocupação de um ponto poligonal com orientação em outro ponto poligonal adiciona o erro de centragem no levantamento, uma das maiores fontes de erros com ET, especialmente em medições angulares (GHILANI & WOLF, 2006).

Outra limitação da implantação de uma RRM por PE é que os pontos de apoio não estarão necessariamente localizados em posições ótimas para cada levantamento, pois a sua distribuição espacial é entre dezenas até centenas de metros (ABNT, 1998). Por exemplo, um ponto de apoio implantado em uma esquina pode ser o único ponto da RRM disponível para realizar o levantamento de uma edificação localizada no meio da quadra, cerca de 50 m desta esquina. Neste caso, deverá ser utilizado um ou mais pontos de estação auxiliares, o que demanda maior tempo de execução e adiciona mais fontes de erros ao levantamento.

Além disso, o levantamento georreferenciado com ET apoiado em pontos previamente determinados requer informações adicionais como o fator de escala a ser aplicado nas medições lineares (ver FRANÇA et al., 2016). Desta forma, o uso de PE em uma RRM também não é uma alternativa ótima, pois a sua implantação envolve uma grande série de medições, isto é, custos de execução; e, além disso, o espaçamento dos pontos de apoio, de pelo menos dezenas de metros, não garante uma distribuição espacial ótima para todos os levantamentos a serem desenvolvidos no município; além de outros fatores como o erro de centragem e a correta aplicação de fatores de escala lineares nos levantamentos com ET apoiados em pontos poligonais.

Embora atualmente o posicionamento GNSS e a PE sejam os dois métodos mais empregados na implantação de RRM no país, ressalta-se que a grande maioria dos municípios ainda não dispõe de uma RRM densificada ao longo de toda a sua extensão. Países com maior investimento em redes de referência como Alemanha, Áustria e Suíça, apresentam RRM com precisão centimétrica e pontos de apoio espaçados entre dezenas e centenas de metros (HASENACK, 2013).

Nestes países, ao se realizar um levantamento com ET, o profissional não necessariamente ocupa um ponto da RRM, podendo utilizar três pontos da RRM para empregar um método denominado estação livre (EL). O método de EL, como o termo sugere, permite ao profissional escolher o melhor local para posicionar a ET, e, determinando a sua distância e direção em relação a três pontos da RRM, possibilita obter as coordenadas do ponto de EL e suas respectivas precisões no sistema de referência da RRM. Ressalta-se que o método de EL já é largamente difundido entre os diversos fabricantes de ET, com diferentes denominações como intersecção a ré; ressecção espacial; estação livre e etc. (ALVES et al., 2012).

É importante mencionar que o método de EL não se restringe a levantamentos com ET, podendo também ser aplicado no posicionamento GNSS, como por exemplo, na locação de obras em um sistema de coordenadas locais (HASENACK & CABRAL, 2013).

Matematicamente, o método de EL pode ser resolvido por diversos modelos, como por exemplo, por meio de alguma transformação geométrica. Neste caso, determinam-se as coordenadas do ponto de EL no sistema de referência da RRM por meio de uma transformação geométrica entre o sistema de referência local da estação e o sistema de referência da RRM, aplicando, por exemplo, um fator de escala para as distâncias; um ângulo de rotação para as direções angulares; e duas translações nas coordenadas planimétricas dos pontos (ver ZHU et al., 2009 e a Figura 1). Após a obtenção dos parâmetros de transformação, todos os pontos levantados a partir do ponto de EL também estarão vinculados ao sistema de referência da RRM.

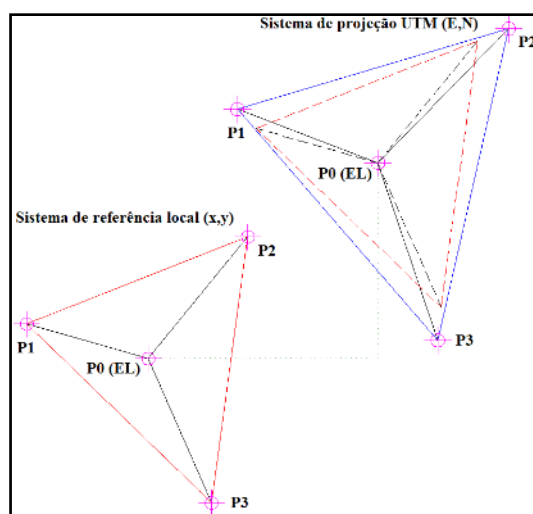


Fig 1 – Ilustração gráfica da transformação geométrica de um sistema de referência local (x, y) para o sistema de projeção UTM (E, N) pelo método de EL.

As transformações geométricas são largamente aplicadas nas ciências geodésicas, sendo uma das mais empregadas denominada “transformação de Helmert” (ver MONICO, 2008). A transformação de Helmert 3D envolve sete parâmetros: três translações (uma em cada eixo cartesiano); três rotações (uma em cada plano cartesiano); e um fator de escala único para as três dimensões. Levantamentos topográficos e geodésicos em geral são realizados em um sistema de coordenadas planialtimétricas, desta forma, somente um ângulo de rotação, no plano horizontal, é necessário. Além disso, muitas vezes o fator de escala planimétrico (ou horizontal) será diferente do fator de escala altimétrico (ou vertical), por exemplo, em função do sistema de projeção cartográfica adotada (FRANÇA et al., 2016).

Desta forma, neste trabalho, optou-se por considerar uma transformação geométrica 3D de seis parâmetros: três translações (uma em cada eixo cartesiano); dois fatores de escala (um no plano horizontal e outro no eixo vertical); e um ângulo de rotação (no plano horizontal). Neste caso, a relação matemática entre as coordenadas de um mesmo ponto em dois sistemas de referência é dada por:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{X,Y} \cdot \cos \theta & \lambda_{X,Y} \cdot \sin \theta & 0 \\ -\lambda_{X,Y} \cdot \sin \theta & \lambda_{X,Y} \cdot \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde na Expressão (1), (X, Y, Z) são as coordenadas 3D do ponto no sistema da RRM; (x, y, z) são as coordenadas do mesmo ponto no sistema local da estação; ($\lambda_{X,Y}$, λ_Z , θ , ΔX , ΔY , ΔZ) são os seis parâmetros de transformação entre os dois sistemas, respectivamente: fator de escala horizontal, fator de escala vertical, ângulo de rotação horizontal, translação no eixo horizontal este, translação no eixo horizontal norte e translação no eixo vertical.

As coordenadas (X, Y, Z) dos pontos de apoio no sistema da RRM são conhecidas, como por exemplo, coordenadas UTM (este – E, e norte – N) e altitude geométrica (h) em SIRGAS2000; enquanto as coordenadas (x, y, z) no sistema local da estação são determinadas por medições, isto é, visadas aos pontos de apoio, considerando o sistema de referência arbitrário da estação, dado pela origem, escala e orientação da ET.

Desta forma, visando dois pontos de apoio da RRM, têm-se um sistema de $n = 2 \times 3 = 6$ equações a $u = 6$ incógnitas, o que possibilita uma solução única e exata, isto é, sem controle de erros. Com três ou mais pontos de apoio, é possível realizar um ajustamento pelo método dos mínimos quadrados (MMQ) para obter os seis parâmetros de transformação por meio da seguinte expressão (GHILANI & WOLF, 2006):

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P y \quad (2)$$

onde na Expressão (2), $\hat{x}$ é um vetor contendo os seis parâmetros de transformação ajustados ($\lambda_{X,Y}$, λ_Z , θ , ΔX , ΔY , ΔZ); A é uma matriz de coeficientes contendo as coordenadas dos pontos de apoio no sistema de referência local da estação, “zeros” ou “um”; P é a matriz peso contendo o inverso das variâncias das coordenadas dos pontos de apoio em sua diagonal; e y é um vetor contendo as coordenadas dos pontos de apoio no sistema da RRM.

A precisão (desvio-padrão) dos seis parâmetros de transformação é obtida por meio da propagação de variâncias e covariâncias na forma matricial, resultando em (GEMAEL, 1994):

$$\Sigma_{\hat{x}} = (A^T P A)^{-1} \quad (3)$$

onde na Expressão (3), $\Sigma_{\hat{x}}$ corresponde a matriz de covariância dos parâmetros ajustados. As expressões (2) e (3) referem-se ao ajustamento pelo método paramétrico ou modelo de Gauss-Markov. Uma maneira mais rigorosa é considerar a precisão (desvio-padrão) das coordenadas dos pontos de apoio tanto no sistema da RRM (X, Y, Z), quanto no sistema local da estação (x, y, z), estas últimas obtidas em função das medições do ponto de EL aos pontos da RRM. Tal procedimento pode ser realizado pelo método combinado de ajustamento ou modelo de Gauss-Helmert. Por fugir do escopo deste trabalho, o mesmo não será aqui apresentado. Detalhes sobre o MMQ podem ser obtidos em Gemael (1994) ou Ghilani & Wolf (2006).

Uma vez que os seis parâmetros de transformação estão determinados, as coordenadas dos pontos levantados a partir da EL serão obtidas no sistema de referência da RRM, isto é, o levantamento estará georreferenciado em tempo-real, sem necessidade do posicionamento GNSS com protocolo NTRIP.

Uma vantagem do método de EL em relação a levantamentos com ET ocupando pontos previamente conhecidos é que a precisão posicional de cada ponto levantado não depende da precisão posicional do ponto de estação; dependendo somente da medição do ponto de EL ao ponto visado e da precisão dos parâmetros de transformação previamente estimados, conforme demonstra a Expressão (1).

É importante destacar que o método de EL apresenta uma série de outras vantagens, pois a determinação do ponto de estação é relativamente rápida em comparação com a PE; o ponto de EL não necessita ser materializado e pode ser escolhido livremente (em função das condições do levantamento); além de não apresentar o erro de centragem.

Além disso, o método de EL pode ser utilizado com ET, equipamento de alta precisão e menor custo que receptores GNSS de multi-frequência com coletora de dados para posicionamento centimétrico em tempo-real. Havendo três ou mais pontos de apoio visíveis da RRM, pode-se realizar um ajustamento pelo MMQ e determinar as coordenadas do ponto de EL e suas respectivas precisões, bem como, os resíduos dos pontos de apoio, o que garante um controle de qualidade fundamental do posicionamento (KLEIN, 2012); enquanto o posicionamento GNSS em rede no Brasil, em geral, só pode ser realizado em modo pós-processado ou por meio de serviços comerciais.

Em contrapartida, pontos poligonais permitem o levantamento tanto por ET quanto por GNSS; sendo que o profissional necessita de somente um (GNSS) ou dois (ET) pontos de apoio para executar o levantamento. Por sua vez, uma rede GNSS ativa necessita menor densidade de pontos, pois cada estação deve abranger um raio com cerca de 20 km; além do profissional não necessitar de um ponto de estação (base) para realizar o levantamento GNSS/NTRIP.

A principal desvantagem do método de EL é que este necessita de uma RRM com alta densidade de pontos, pois cada ponto de estação necessita de visibilidade a, pelo menos, dois pontos da RRM (ou a três pontos quando se requer o controle de qualidade), o que atualmente inviabiliza a sua utilização nos municípios do Brasil.

Uma alternativa de baixo custo, proposta neste trabalho, é a adoção de uma RRM formada por pontos de apoio em locais de grande visibilidade do município, como morros e topos de prédios, utilizando prismas refletores 360° que garantem a visada não importa a direção do ponto de EL. As coordenadas destes pontos de apoio devem ser determinadas por posicionamento GNSS, garantindo um sistema de referência único para o município e o nível de precisão centimétrica das RRM atualmente adotadas a nível mundial. O fato dos pontos de apoio da RRM estarem localizados em locais altos como morros e topos de prédios reduz os efeitos de multicaminho e obstruções dos sinais GNSS, isto é, as maiores limitações do posicionamento GNSS em áreas urbanas.

Desta forma, por se situarem em locais de grande visibilidade e utilizarem prismas refletores 360°, a principal vantagem desta proposta é que os pontos de apoio da RRM não necessitam estarem espaçados por algumas dezenas de metros como no caso de PE. Além disso, os pontos da RRM não necessitam de intervisibilidade entre si, uma vez que as suas coordenadas são determinadas por posicionamento GNSS. Ressalta-se que tal metodologia é inédita e não é empregada em nenhum município do país até o presente momento.

A Tabela 1 apresenta as principais vantagens e desvantagens dos três métodos de levantamentos apoiados em redes aqui considerados: levantamento apoiado em pontos poligonais; rede GNSS/NTRIP ativa e rede com prismas refletores 360° para EL.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos métodos de levantamentos apoiados em redes aqui considerados

RRM	Vantagens	Desvantagens
Poligonal	Levantamento com ET ou com GNSS; Requer somente 1 ponto (GNSS) ou 2 pontos base (ET).	Requer estação auxiliar (para ET); RRM necessita de alta densidade de pontos.
Rede GNSS ativa	RRM com menor densidade de pontos; Não requer ponto de estação por parte do profissional.	Equipamento GNSS NTRIP possui maior custo que ET; Limitação de aplicação em áreas urbanas.
Prismas 360°	Ponto de estação escolhido em função do levantamento; Pontos da RRM não necessitam intervisibilidade.	Ponto de EL requer visibilidade a três pontos da RRM; Pontos da RRM restritos a locais de grande visibilidade.

É importante mencionar que os três métodos considerados possuem limitações em áreas rurais afastadas: a PE requer um grande número de medições no transporte de coordenadas até estas regiões; levantamentos por GNSS/NTRIP ficam limitados em função da distância às estações ativas e/ou o acesso à

internet; enquanto uma rede com prismas refletores 360° fica restringida as imediações de locais com grande visibilidade como morros e vilarejos rurais.

Encerrando esta seção, a respeito da propagação de erros (variâncias e covariâncias), os programas de EL atualmente disponíveis fornecem a precisão (desvio-padrão) das coordenadas do ponto de EL, porém, em geral, não propagam as precisões (desvios-padrões) das coordenadas dos pontos de apoio no sistema de referência da rede (ver LEICA, 2008; TRIMBLE, 2013). Desta forma, uma planilha eletrônica foi desenvolvida, onde é realizada a propagação de erros ao ponto de EL tanto das medições (sistema local da estação) quanto das coordenadas dos pontos de apoio no sistema de referência da rede, garantindo maior confiabilidade aos resultados. Na próxima seção, são descritos os experimentos realizados nesta pesquisa a fim de investigar as considerações aqui apresentadas.

3. EXPERIMENTOS REALIZADOS

O apoio financeiro concedido por meio de projeto de pesquisa possibilitou a aquisição de seis primas refletores 360°. Os seis pontos de apoio da rede local foram escolhidos em locais estratégicos: quatro destes localizados em topos de prédios nas imediações do campus Florianópolis do IFSC (P3, P4, P5, P6); e dois destes localizados no Morro da Cruz: um na sede do jornal “Notícias do Dia” do grupo RICTV/SC (P1) e outro no heliponto da Polícia Militar (P2), conforme ilustra a Figura 2. Na Figura 2, o campus Florianópolis do IFSC pode ser identificado pela pista de atletismo ao lado do ponto P3, enquanto a Praça Getúlio Vargas é identificada pela área de vegetação abaixo do ponto P5.

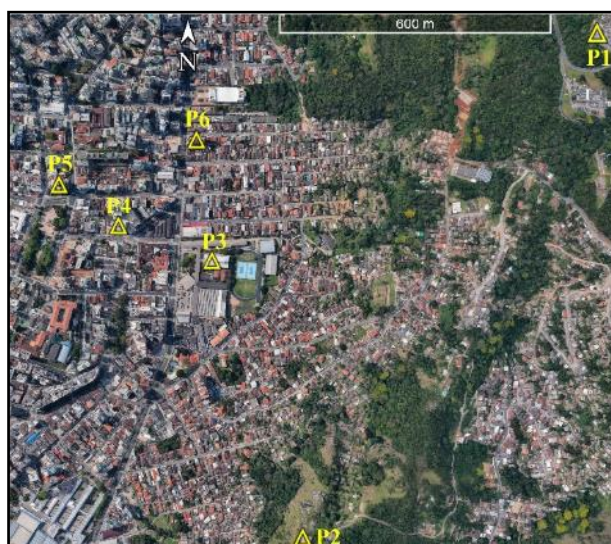


Fig. 2 – Localização dos pontos de apoio da rede local.
(Adaptado do software Google Earth Pro)

A distribuição espacial dos pontos de apoio da rede local foi definida para que no mínimo três prismas refletores 360° fossem visíveis em diversos locais, especialmente em pontos de esquina, desde o campus Florianópolis do IFSC até o entorno da Praça Getúlio Vargas, visando priorizar as aulas práticas do curso técnico de Agrimensura.

Antes da instalação dos prismas refletores 360°, em cada ponto de apoio, foi realizado o rastreamento GNSS com cerca de 40 minutos de duração, bem como, o posterior ajustamento em relação às estações IFSC e SCFL da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo). Para isto, foram utilizados receptores GNSS (GPS + GLONASS) de dupla frequência, sendo que os tempos de rastreios adotados estão de acordo com as recomendações de IBGE (2008) e INCRA (2013), uma vez que os vetores (linhas-base) são inferiores a 3 km.

Um resumo do ajustamento dos dados GNSS é apresentado na Tabela 2. Por fugir do escopo deste trabalho, não serão aqui descritos os termos contidos na Tabela 2. Detalhes sobre os mesmos podem ser obtidos em Monico (2008).

Tabela 2 – Resumo do ajustamento dos dados GNSS dos pontos de apoio da rede

Tipo de solução dos vetores	Fixa
Menor PDOP médio dos vetores	1,45
Maior PDOP médio dos vetores	1,67

Extensão do maior vetor	2761,357 m
Extensão do menor vetor	111,757 m
Menor resíduo planimétrico dos vetores	0,001 m
Maior resíduo planimétrico dos vetores	0,007 m
Menor resíduo altimétrico dos vetores	0,000 m
Maior resíduo altimétrico dos vetores	0,018 m
Máscara de elevação adotada	15°
Maior sessão de rastreio dos pontos	47 m 32 s
Menor sessão de rastreio dos pontos	35 m 45 s
< desvio-padrão horizontal dos pontos	0,004 m
> desvio-padrão horizontal dos pontos	0,005 m
< desvio-padrão vertical dos pontos	0,028 m
> desvio-padrão vertical dos pontos	0,029 m

Analisando os resultados da Tabela 2, nota-se que o local de instalação dos pontos, em topos de prédios e morros, favoreceu o posicionamento GNSS, com PDOP médio inferior a dois em todos os casos e resíduos dos vetores ajustados em geral milimétricos. Importante destacar que foram consideradas as precisões das coordenadas das estações IFSC e SCFL no processamento dos dados GNSS, conforme as monografias oficiais das mesmas divulgadas pelo IBGE. Tal fato é refletido na pior precisão altimétrica dos pontos da rede em relação à precisão planimétrica destes. Ressalta-se que dependendo da finalidade, somente as coordenadas planimétricas podem ser consideradas.

Os prismas refletores 360° foram instalados em barras de aço inoxidável com cerca de 40 cm de altura, favorecendo a sua visibilidade e identificação nos locais de instalação, conforme ilustra a Figura 3.



Fig. 3 – Instalação de prisma refletor 360° no ponto P1.

Em termos de manutenção, em função da exposição permanente, os prismas refletores requerem limpeza e verificação de possíveis deslocamentos por meio de novos rastreios GNSS duas ou três vezes ao ano. Cabe ressaltar aqui os cuidados necessários quanto à altura da antena GNSS e do prisma refletor, bem como, as constantes dos prismas. O ponto de referência para medição da altura dos instrumentos é o centro da base da rosca 3/8" em cada barra. A constante do prisma é +23 mm para ET do fabricante Leica e -11 mm para ET de outros fabricantes. As monografias dos seis pontos de apoio podem ser obtidas em: <http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/downloads/>.

Analisando a Figura 3, nota-se a grande área de abrangência dos pontos P1 e P2, localizados no Morro da Cruz. Grande parte das ET atualmente disponíveis possuem alcance de medição para um prisma refletor entre 3 km e 3,5 km, o que demonstra a potencial redução de custos em relação à implantação da RRM por métodos convencionais como PE, que exigem uma grande quantidade de pontos de apoio; ou por meio de estações GNSS ativas, pois cada prisma refletor 360° custa atualmente cerca de R\$ 3.000, custo significativamente menor que receptor GNSS de multi-frequência e que pode ser consideravelmente reduzido por meio de importação direta em grande quantidade.

Após a determinação das coordenadas dos pontos de apoio pelo posicionamento GNSS, bem como, a instalação dos prismas refletores 360° sobre estes, nove experimentos de EL foram realizados, desde o campus Florianópolis do IFSC até a Praça Getúlio Vargas. Em cada ponto de EL, três pontos de apoio da rede local foram visados, com leituras na posição direta e inversa da luneta, utilizando ET com precisão nominal linear de $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ e precisão nominal angular de $\pm 5''$. Desta forma, adotando a "regra dos

três sigmas" (LEHMANN, 2013), as leituras na posição direta e inversa da luneta não podiam apresentar resíduo superior a 6 mm + 6 ppm na componente linear e a 15" na direção angular zenital ou horizontal (em módulo).

Os dados obtidos foram inseridos na planilha eletrônica desenvolvida, apresentando como resultados os seis parâmetros de transformação ajustados de cada experimento e seus respectivos desvios-padrões; bem como, os resíduos das coordenadas ajustadas dos pontos de apoio, tanto no sistema de referência da rede implantada quanto no sistema de referência local (arbitrário) de cada estação. O sistema de referência adotado para a rede é o SIRGAS2000, expresso em coordenadas planas UTM (este – E e norte – N), e com a altitude geométrica (h) como coordenada vertical. Desta forma, as coordenadas georreferenciadas (E, N, h) de cada ponto de EL foram obtidas aplicando os seis parâmetros de transformação estimados em seu respectivo experimento por meio da Expressão (1). Os desvios-padrões destas coordenadas foram obtidos por meio da propagação de erros dos parâmetros de transformação sobre as coordenadas dos pontos de EL. Por não fazer parte do escopo deste trabalho, o formulário matemático para a obtenção dos desvios-padrões das coordenadas dos pontos de EL por meio da propagação de variâncias e covariâncias na forma matricial não será aqui apresentado, mas pode ser obtido, por exemplo, em Gemael (1994).

A Tabela 3 apresenta os seis parâmetros de transformação de um dos experimentos de EL (E2), enquanto a Tabela 4 apresenta os resíduos das coordenadas ajustadas dos pontos de apoio neste respectivo experimento.

Tabela 3 – Parâmetros de transformação e desvios-padrões (E2)

Fator de escala horizontal	1,000286 ± 0,000021
	285,6 ± 20,8 ppm
	1 / 3.502 ± 1 / 48.024
Ângulo de rotação	326° 28' 6" ± 2,1"
Translação de x para E	742.688,675 ± 0,004 m
Translação de y para N	6.945.441,982 ± 0,003 m
Translação de z para h	13,345 ± 0,031 m
Fator de escala vertical	1,000021 ± 0,000297
	21,0 ± 297,1 ppm
	1 / 47.618 ± 1 / 3.366

Analisando os resultados da Tabela 3, nota-se que o fator de escala horizontal está próximo do fator de escala UTM para a região ($K = 1,000324$), conforme esperado. As translações correspondem as coordenadas E, N e h do ponto de EL (E2), uma vez que as coordenadas arbitrárias no sistema local da estação foram definidas em: $x = y = z = 0$ m. Por fim, o fator de escala vertical apresentou valor muito próximo de 1, conforme esperado. O desvio-padrão quase 15 vezes maior do que o fator de escala vertical (em ppm) indica a sua insignificância no modelo matemático. Ressalta-se que o mesmo foi mantido no algoritmo para um caso geral que possa envolver diferentes tipos de altitudes e/ou parametrização de erros altimétricos sistemáticos.

Tabela 4 – Resíduos das coordenadas ajustadas dos pontos de apoio (E2)

Ponto de apoio	Coordenada	Resíduo (em m)	Resíduo relativo
P2	E	0,000	0,13
	N	-0,001	-0,21
	h	-0,001	-0,02
P4	E	0,001	0,36
	N	0,002	0,78
	h	0,009	0,32
P6	E	-0,001	-0,49

	N	-0,002	-0,56
	h	-0,008	-0,30
Ponto de apoio	Coordenada	Resíduo (em m)	Resíduo relativo
P2	x	-0,004	-0,36
	y	0,003	0,50
	z	0,002	0,21
P4	x	-0,007	-1,59
	y	-0,007	-1,48
	z	-0,001	-0,12
P6	x	0,006	1,23
	y	0,000	-0,16
	z	0,000	0,01

Inserindo o fator de escala horizontal e as coordenadas (E, N, h) do ponto de EL na ET, bem como, redefinindo a origem da direção horizontal da estação na direção angular de 326° 28' 6" (por meio do ajuste fino do instrumento), pode-se realizar o levantamento georreferenciado diretamente a partir da estação. Ressalta-se que o profissional é livre para utilizar o programa de EL interno da ET ou desenvolver a sua própria rotina de cálculo. Na execução deste projeto, foi desenvolvida uma planilha eletrônica que realiza a transformação geométrica pelo MMQ para cálculo da estação livre e posterior irradiação de pontos a partir desta, com controle de qualidade das medições e cálculo das precisões dos pontos levantados. Atualmente, este tipo de planilha eletrônica pode ser utilizada em campo por meio de aplicativos gratuitos de smartphones, independente do equipamento utilizado.

Sobre os resultados da Tabela 4, o termo “resíduo relativo” corresponde ao valor do resíduo dividido pelo respectivo desvio-padrão da coordenada. Desta forma, analisando a Tabela 4, nota-se que os três pontos de apoio visados apresentam resíduos dentro da “regra dos três sigmas”, tanto no sistema georreferenciado adotado (E, N, h), quanto no sistema local arbitrário da estação (x, y, z).

De maneira resumida, a Tabela 5 apresenta os desvios-padrões obtidos para os pontos de EL nos nove experimentos realizados. Na Tabela 5, “ σ_i ” corresponde ao desvio-padrão da respectiva coordenada “i”; $\sigma_{2D} = \sqrt{(\sigma_E^2 + \sigma_N^2)}$ e $\sigma_{3D} = \sqrt{(\sigma_E^2 + \sigma_N^2 + \sigma_h^2)}$.

Tabela 5 – Desvios-padrões obtidos para as coordenadas dos pontos de EL

	Valor mínimo	Valor máximo
σ_E (eixo este)	0,003 m	0,004 m
σ_N (eixo norte)	0,003 m	0,004 m
σ_h (eixo vertical)	0,026 m	0,037 m
σ_{2D} (horizontal)	0,004 m	0,005 m
σ_{3D} (posicional)	0,026 m	0,037 m

Analisando os resultados da Tabela 5, nota-se que a precisão horizontal (planimétrica) é ≤ 5 milímetros, enquanto a precisão vertical (altimétrica) e a precisão posicional (3D) é < 4 cm para todos os pontos de EL. Analisando as Tabelas 2 e 5, nota-se que a precisão horizontal dos pontos de EL é igual à precisão horizontal dos pontos da rede local; enquanto a precisão vertical oscila entre valores maiores ou menores que em relação aos pontos da rede local. Tais resultados não são incoerentes, pois a precisão de cada ponto de EL não depende somente da precisão dos pontos de apoio visados; dependendo ainda da quantidade e distribuição espacial destes, sendo a geometria do posicionamento um fator importante na qualidade posicional deste (ver, por exemplo, KLEIN, 2012 e KLEIN, 2014).

Sobre esta questão de qualidade posicional, os dois pontos de EL que apresentaram menor desvio-padrão horizontal e posicional foram os pontos E1 e E5; o ponto de EL que apresentou maior desvio-padrão horizontal foi o ponto E8; enquanto o maior desvio-padrão posicional foi obtido no ponto E6 (ver as figuras 4, 5, 6 e 7).

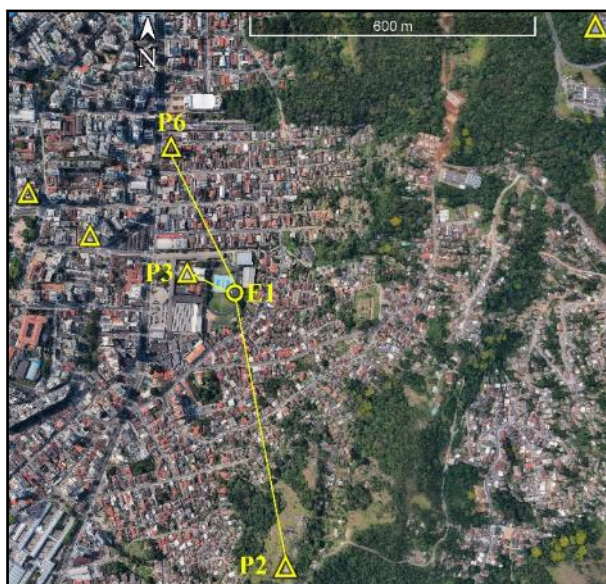


Fig. 4 – Pontos de apoio visados e o ponto de EL com melhor desvio-padrão horizontal e posicional (E1).
(Adaptado do software Google Earth Pro).

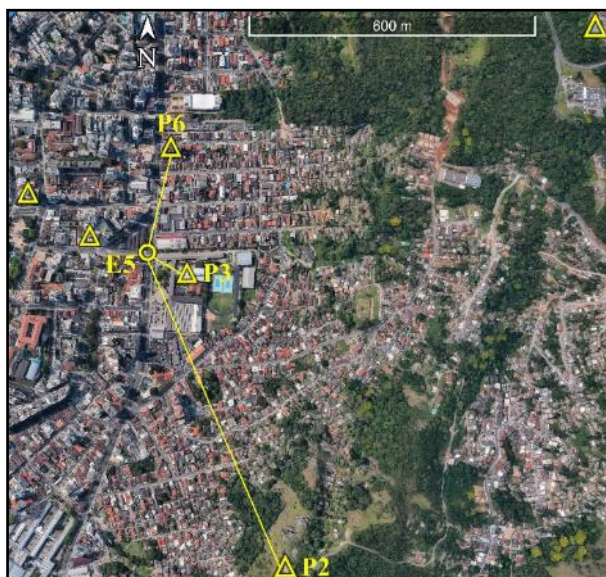


Fig. 5 – Pontos de apoio visados e o ponto de EL com melhor desvio-padrão horizontal e posicional (E5).
(Adaptado do software Google Earth Pro).

Analisando as figuras 4 e 5, nota-se que os pontos de EL que apresentaram menor desvio-padrão horizontal e posicional possuem geometrias de posicionamento semelhantes, visando os mesmos pontos de apoio. Nota-se ainda que nenhum dos dois pontos de EL está contido dentro do triângulo formado pelos três pontos de apoio, sendo os três pontos de apoio praticamente colineares.



Fig. 6 – Pontos de apoio visados e o ponto de EL com pior desvio-padrão horizontal (E8).
(Adaptado do software Google Earth Pro).

Analisando as figuras 4, 5, 6 e 7, nota-se o menor ângulo horizontal entre os pontos de apoio visados no ponto E8, o que pode explicar a sua pior precisão horizontal. Analisando ainda as figuras 4, 5, 6 e 7, notam-se, em geral, maiores distâncias de visadas do ponto E6 em relação aos demais pontos de EL, o que pode ter resultado na pior precisão posicional deste. Este tipo de análise foge do escopo deste trabalho, mas destaca-se aqui a sua importância para investigações futuras.



Fig. 7 – Pontos de apoio visados e o ponto de EL com pior desvio-padrão posicional (E6).
(Adaptado do software Google Earth Pro).

De maneira resumida, pode-se concluir que os pontos de EL, na área de abrangência da rede local implantada, apresentam desvio padrão melhor ou igual a 5 mm na planimetria e desvio-padrão melhor ou igual a 37 mm na altimetria. Além disso, a precisão altimétrica, e consequentemente a precisão posicional 3D, foi muito mais sensível aos experimentos do que a precisão posicional planimétrica (2D), o que também requer maiores investigações.

Por fim, visando analisar a acurácia (exatidão) das coordenadas dos pontos de EL, foram realizados experimentos em quatro marcos de coordenadas conhecidas no campus Florianópolis do IFSC, determinadas pelo posicionamento relativo GNSS em relação às estações IFSC e SCFL da RBMC, com tempo de rastreamento de cerca de 30 minutos e boas condições de rastreamento em cada ocupação, realizada com receptor GNSS (GPS + GLONASS) de dupla frequência. As distâncias dos marcos ocupados em relação à estação IFSC são

inferiores a 100 metros; enquanto em relação à estação SCFL são inferiores a 2.300 metros. Cada ponto de EL foi determinado em relação a três pontos de apoio da rede de prismas refletores 360°, seguindo a mesma metodologia dos experimentos anteriores.

Desta forma, a Tabela 6 apresenta um resumo das diferenças, em módulo, entre as coordenadas “conhecidas” dos marcos (posicionamento GNSS), e as coordenadas obtidas pelo método de EL.

Tabela 6 – Diferenças obtidas entre as coordenadas dos marcos (GNSS × EL)

	Valor mínimo	Valor máximo
Coordenada E	1 mm	20 mm
Coordenada N	7 mm	18 mm
Coordenada h	31 mm	39 mm
Resultante 2D	7 mm	21 mm
Resultante 3D	36 mm	44 mm

Analisando a Tabela 6, nota-se que as diferenças são ≤ 21 mm em planimetria e ≤ 39 mm em altimetria, ou seja, os pontos de EL apresentam acurácia (exatidão) posicional centimétrica. Destaca-se que os resíduos das coordenadas ajustadas dos pontos de apoio, em ambos os sistemas de referência (x, y, z e E, N, h), também atendem a regra dos três sigmas, o que fornece maior confiabilidade aos resultados e demonstra que a transformação matemática adotada se mostrou adequada a realidade do problema.

4.3 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi propor uma solução de baixo custo e com o mesmo nível de precisão das RRM atualmente implantadas a nível internacional, contribuindo com o atual estado da arte sobre o tema. Sua finalidade é fornecer o apoio ao método de EL com ET, sendo uma alternativa aos levantamentos com ET ocupando pontos da RRM ou ao posicionamento GNSS/NTRIP, especialmente em áreas urbanas.

Com base nos experimentos realizados, conclui-se que a proposta aqui descrita apresentou resultados satisfatórios, com pontos de EL de precisão em geral milimétrica e exatidão (acurácia) posicional em geral centimétrica. O fato dos pontos de apoio se situarem em locais altos, sujeitos a poucas obstruções e reflexões dos sinais GNSS, é um dos fatores que contribui com a qualidade posicional dos pontos de EL, que são determinados em relação a estes.

Além disso, a transformação 3D adotada, com somente uma rotação no plano horizontal e dois fatores de escala distintos em planimetria e altimetria, se mostrou adequada para a conversão do sistema local da estação para um sistema de coordenadas georreferenciadas, no caso, o sistema de projeção UTM e altitude geométrica.

Este trabalho também pretendeu orientar a sociedade do nosso país sobre a importância das RRM, especialmente da maneira proposta nesta pesquisa; favorecendo, valorizando e reduzindo o custo de trabalho de milhares de profissionais dos setores público e privado e da própria gestão territorial dos municípios. O contexto político atual do Brasil, com o Projeto de Lei 3876/2015, enfatiza a importância destas questões.

É importante destacar que o termo “baixo custo” refere-se a não necessidade de uma rede GNSS ativa com receptores multifrequência e toda a sua logística de operação por parte do município ou custos com receptor GNSS/NTRIP por parte do profissional; enquanto o termo “grande abrangência” refere-se a menor quantidade de pontos de apoio necessários em relação a PE, devido à estratégia de instalação destes em locais de grande visibilidade do município.

Desta forma, recomenda-se um estudo comparativo sobre os custos envolvidos em uma RRM seguindo a proposta aqui apresentada ou por meio de métodos convencionais como a PE e redes GNSS ativas; bem como, uma investigação mais profunda sobre a influência da distribuição espacial dos pontos da RRM sobre a qualidade posicional do ponto de EL.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina pelo fornecimento de recursos financeiros para o projeto de pesquisa (Edital Nº 03/2016/PROPI), e a empresa Alezi Teodolini pela agilidade e preço acessível no fornecimento dos prismas refletores 360°, indispensáveis para a realização deste trabalho.

4.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAMIMI, Z.; COLLILIEUX, X.; MÉTIVIER, L. ITRF2008: **An improved solution of the International Terrestrial Reference Frame**. Journal of Geodesy, v. 85, n. 8, p. 457-473, 2011.

ALVES, J. L. F. G.; SILVA, D. J. N.; GONÇALVES, M. L. A. M.; NERO, M. A. **Metodologia de ensino para Topografia: Proposta didática para o método de estação livre**. In: Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, p. 1-11, 2012.

AMORIM, G. P. **Confiabilidade de rede GPS de referência cadastral municipal - estudo de caso: rede do município de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2004. 174p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.166: Rede de referência cadastral municipal – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998. 23p.

BEN-MOSHE, B.; ELKIN, E.; LEVI, H.; WEISSMAN, A. **Improving Accuracy of GNSS Devices in Urban Canyons**. In: 23D CANADIAN CONFERENCE ON COMPUTATIONAL GEOMETRY. Toronto, p. 511-515, 2011.

CHAVES, J. C. **Uso da tecnologia GPS na monitoração de deformação: sistemas, etapas e experimentos**. Tese (Doutorado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001. 114p.

COSTA, S. M. A.; LIMA, M. A. A.; MOURA JUNIOR, N. J. de; ABREU, M. A.; DA SILVA, A. L.; FORTES, L. P. S. **RBMC em tempo real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS**. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. Recife, p. 8-11, 2008.

DE PAULA NETO, L. E. **Contribuição para o parcelamento do solo urbano baseado no cadastro territorial multifinalitário**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. 155p.

DREWES, H.; HEIDBACH, O. **The 2009 horizontal velocity model for South America and the Caribbean**. Submitted to C. Pacino et al. (Eds.). IAG SCIENTIFIC ASSEMBLY “GEODESY FOR PLANET EARTH”. IAG Symposia, Buenos Aires, August 31 to September 4, p. 657-664, 2009.

FRANÇA, R. M.; CABRAL, C. R.; HASENACK, M. **Implantação de obras em sistemas TMs com estação total**. In: Anais do COBRAC 2016. Florianópolis, p. 1-11, 2016.

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

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Adjustment Computations: Spatial Data Analysis**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 611p.

HASENACK, M. **A Cartografia Cadastral no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 201p.

HASENACK, M.; CABRAL, C. R. **Estação livre com transformação de Helmert utilizando GNSS-RTK**. In: Anais do VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Curitiba, p. 1, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **RBMC-IP - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/>>. Acesso: 27 março 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. 2008. 35p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Resolução PR. nº 22, de 21 de julho de 1983**. Dispõe sobre as Especificações e Normas para Levantamento Geodésicos em Território Brasileiro. Boletim de Serviço 1602 (Suplemento). Rio de Janeiro. 1º Agos. 1983. 11p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Manual de normas, especificações e procedimentos técnicos para a carta internacional do Mundo ao Milionésimo – CIM 1:1 000 000**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Cartografia, 1993. 49p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Manual técnico de posicionamento**. 1ª Edição. Brasília. 2013. 37p.

KLEIN, I. **Controle de Qualidade no Ajustamento de Observações Geodésicas**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. 322p.

KLEIN, I. **Proposta de um novo método para o planejamento de redes geodésicas**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. 148p.

LEHMANN, R. **3 σ -Rule for Outlier Detection from the Viewpoint of Geodetic Adjustment**. Journal of Surveying Engineering, v. 139, n. 4, p. 157-165, 2013.

LEICA GEOSYSTEMS. **Leica TPS1200+ Applications Field Manual**. Heerbrugg, 2008. 246p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476p.

PINTO, J. R. M. **Potencialidade do uso do GPS em obras de Engenharia**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000. 177p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Sistema cartográfico do município de Porto Alegre: Manual de informações e orientações**. Porto Alegre, 2013. 50p.

SOUZA, G. C. **Análise de metodologias no levantamento de dados espaciais para cadastro urbano**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. 122p.

TRIMBLE NAVIGATION. **Resection Computations in the Trimble Access Software**. Ohio, 2013. 19p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Rede GNSS ativa do estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.fct.unesp.br/#!/pesquisa/grupos-de-estudo-e-pesquisa/gege/rede-gnss-sp2089/>>. Acesso em 27 março 2016.

ZHU, H.; WU, W.; WANG, Z. **Study on the Free-positioning of ETS in the PDL Track Surveying System**. Modern Applied Science. v. 3, n. 3, p. 128–131, 2009.

5 ESTUDOS INICIAIS SOBRE A INCERTEZA POSICIONAL DOS VÉRTICES DE IMÓVEIS URBANOS À LUZ DO SINTER

IVANDRO KLEIN
ivandroklein@gmail.com

ARTHUR PEIXOTO BERBERT LIMA
arthur.berbert@ifsc.edu.br

5.1 INTRODUÇÃO

Recentemente, o Decreto Nº 8.764 de 10 de Maio de 2016 (BRASIL, 2016) instituiu o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER). O Artigo 9 do Decreto estabelece que as informações cadastrais e geoespaciais serão integradas em níveis gráficos de mapeamento georreferenciado (camadas), embasadas no levantamento dos limites das parcelas cadastrais (como por exemplo, nos vértices de divisa dos imóveis urbanos). Além disso, o Projeto de Lei 3.876/2015, que atualmente tramita no Congresso Nacional, estabelece normas para a elaboração do cadastro territorial dos municípios, sendo que a identificação geométrica das parcelas territoriais, como os imóveis rurais e urbanos, deve ser vinculada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

Neste sentido, foi disponibilizado o documento “Normas e procedimentos de Engenharia para cadastro urbano no Brasil” pelo Grupo de Trabalho Técnico para elaborar o Manual de Engenharia para o Cadastro Rural e Urbano do Brasil, instituído pelo CONFEA (Processo nº CF-2374/2017). Além disso, a norma técnica da ABNT, NBR14166, que estabelece os procedimentos para a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), passou por um processo de atualização, uma vez que a primeira versão é de 1998, anterior até mesmo ao SIRGAS2000, atual referencial do SGB. Por fim, a norma técnica da ABNT, NBR13133, que estabelece os procedimentos para levantamentos topográficos, também passou por um processo de atualização, sendo a nova versão preliminar disponibilizada para consulta pública no ano de 2015.

Nestes documentos normativos, constam diversas especificações técnicas sobre a execução das medições e sobre a incerteza posicional dos vértices, sejam estes os vértices de apoio da RRCM (NBR14166) ou os vértices de divisa do imóvel (CONFEA, 2018).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar os primeiros estudos referentes à incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos, considerando: 1) as especificações técnicas que constam nos documentos supracitados; 2) as especificações técnicas de equipamentos atualmente disponíveis no mercado e 3) seguindo a metodologia de propagação de erros (incertezas) usualmente adotada na literatura. Com base nos diversos experimentos realizados e seus resultados, algumas considerações são apresentadas a respeito destas questões.

5.2 PROPAGAÇÃO DE ERROS NO TRANSPORTE DE COORDENADAS

Uma vez que o ambiente urbano em geral não é propício para o posicionamento por satélites de alta precisão, em função do erro de multicaminho e do bloqueio dos sinais pelas edificações (DEAMBROGIO; JULIEN, 2013), especialmente se for considerado o caso de vértices de divisa situados em muros e edificações, neste trabalho, será considerada a propagação de erros a partir dos vértices da RRCM até os vértices de divisa do imóvel urbano, por meio do transporte de coordenadas utilizando estação total (Figura 1).

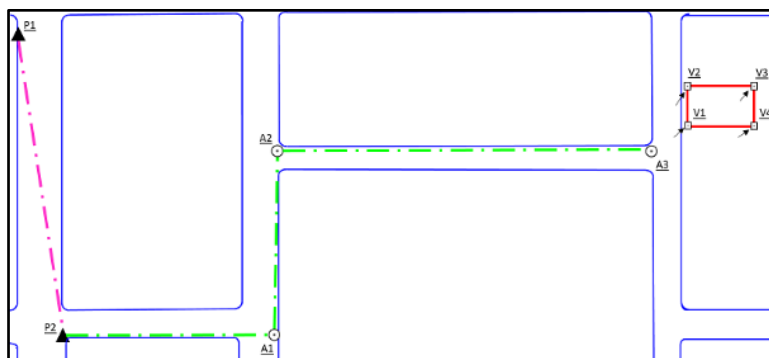


Figura 1 – Transporte de coordenadas por poligonização para o levantamento de vértices de um imóvel urbano.

Portanto, o posicionamento por satélites está fora do escopo deste trabalho, embora possa ser empregado na determinação dos vértices da RRCM em locais propícios para o rastreamento dos satélites, locais estes em geral restritos no caso de ambiente urbanos.

O formulário para a obtenção das coordenadas planimétricas (X,Y) de um ponto visado (PV), a partir de um ponto de estação pré-determinado (X₀,Y₀), é bastante conhecido na literatura:

$$X = X_0 + DH \sin Az, Y = Y_0 + DH \cos Az \quad (1)$$

onde DH é a distância horizontal entre os pontos e Az é o azimute do alinhamento do ponto de estação ao novo ponto a ser determinado (PV). Pela lei de propagação de variâncias e covariâncias (ver GEMAEL, 1994), os desvios-padrões das coordenadas X,Y do PV são dados pelas seguintes expressões:

$$\sigma_X = \pm \sqrt{\sigma_{X_0}^2 + \sin^2 Az \sigma_{DH}^2 + (DH \cos Az)^2 \left(\sigma_{Az} \cdot \frac{\pi}{648.000} \right)^2} \quad (2)$$

$$\sigma_Y = \pm \sqrt{\sigma_{Y_0}^2 + \cos^2 Az \sigma_{DH}^2 + (DH \sin Az)^2 \left(\sigma_{Az} \cdot \frac{\pi}{648.000} \right)^2} \quad (3)$$

onde nas Expressões (2) e (3) e nas demais que serão apresentadas, σ_i corresponde ao desvio-padrão da respectiva grandeza i. Note que o desvio-padrão do azimute (σ_{Az}) está expresso em segundos de arco, sendo que o termo $\pi / 648.000$ realiza a necessária conversão para radianos.

Uma vez que o ponto de estação (X₀,Y₀) é pré-determinado, os valores de σ_{X_0} e σ_{Y_0} são conhecidos. Os demais valores são obtidos em função da precisão nominal do equipamento utilizado e de diversas outras fontes de erros que serão apresentadas a seguir.

Para a distância horizontal (DH), obtida em função da distância inclinada (DI) e do ângulo zenital (Z) medidos do ponto de estação ao PV (DH = DI sen Z), o desvio-padrão resultante é dado por:

$$\sigma_{DH} = \pm \sqrt{\sin^2 Z \sigma_{DI}^2 + (DI \cos Z)^2 \left(\sigma_Z \cdot \frac{\pi}{648000} \right)^2} \quad (4)$$

sendo que o desvio-padrão da distância inclinada (DI), presente na Equação (4), é dado por:

$$\sigma_{DI} = \pm \sqrt{\varepsilon_i^2 + \varepsilon_r^2 + \frac{PN_{lin}^2}{n}} \quad (5)$$

onde na Expressão (5), ε_i e ε_r correspondem, respectivamente, ao erro de centragem do instrumento e do prisma refletor, PN_{lin} corresponde a precisão nominal linear do instrumento e n corresponde ao número total de leituras realizadas.

Atualmente, poucos equipamentos apresentam precisão nominal linear melhor do que $\pm (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$ ou pior do que $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ no modo de medição com prisma. Quanto ao erro de centragem do instrumento, este é da ordem de $\varepsilon_i = 1,5 \text{ mm}$ para um instrumento com altura da ordem de 1,5 m sobre o vértice (LEICA, 2016), valor este bastante usual na prática.

O erro de centragem do prisma refletor é dado por $\varepsilon_r = As \sin(\alpha)$, onde As corresponde à altura do prisma refletor em relação ao ponto topográfico e α corresponde ao erro angular de nivelamento do prisma refletor. Este ângulo pode ser dado por: $\alpha = 0,2 \sigma_{sens}$ (FERREIRA; CHAVES, 2017), onde σ_{sens} corresponde à sensibilidade da bolha de nível. O valor de σ_{sens} varia entre 30' e 60' para bolhas circulares, sendo que usualmente $\sigma_{sens} = 40'$; e entre 20" e 30" para bolhas tubulares, no caso do emprego de base nivelante para a instalação do prisma refletor.

Note que para um valor usual de As = 1,5 m, o erro de centragem do prisma refletor apoiado em um bastão resulta em $\varepsilon_r = 1500 \sin(0,2 \cdot 40') = 3,5 \text{ mm}$. Logo, sempre que possível, deve-se realizar o ajuste fino horizontal da leitura o mais próximo possível do ponto topográfico.

Quanto ao desvio-padrão do ângulo zenital (Z), também presente na Equação (4), este é dado por:

$$\sigma_Z = \pm \sqrt{\frac{2}{n} (2 \cdot PN_{ang}^2 + \sigma_{comp}^2)} \quad (6)$$

onde na Expressão (6), PN_{ang} corresponde a precisão nominal angular e σ_{comp} corresponde a precisão do compensador vertical do instrumento. Atualmente, poucos equipamentos apresentam precisão nominal angular melhor do que $\pm 1''$ ou pior do que $\pm 5''$; enquanto a precisão do compensador vertical, para o caso de instrumentos com duplo compensador, geralmente se situa entre $\pm 0,5''$ e $\pm 2''$.

O azimute do alinhamento corresponde ao azimute inicial do ponto de estação ao vértice de ré ("azimute da ré" – $Az_{RÉ}$), somado ao ângulo irradiado (I) entre a direção horizontal da ré e a direção horizontal do PV ($Az = Az_{RÉ} + I$, ver a Figura 2). Desta forma, o desvio-padrão do azimute do ponto de estação ao PV é dado por:

$$\sigma_{Az} = \pm \sqrt{\sigma_{Az_{RÉ}}^2 + \sigma_I^2} \quad (7)$$

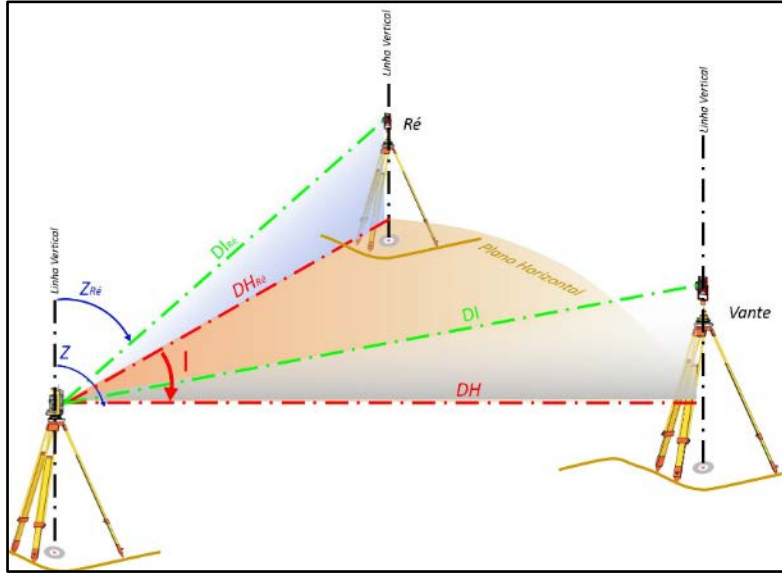


Figura 2 – Observações envolvidas no levantamento planimétrico (horizontal) com estação total.

Na Expressão (7), o desvio-padrão do azimute da ré, em segundos de arco, é obtido em função do desvio-padrão das coordenadas do ponto de estação (X_0, Y_0) e do vértice de ré ($X_{RÉ}, Y_{RÉ}$), sendo dado por:

$$\sigma_{Az_{RÉ}} = \pm \sqrt{\left(\frac{Y_0 - Y_{RÉ}}{DH_{RÉ}}\right)^2 (\sigma_{X_0}^2 + \sigma_{X_{RÉ}}^2) + \left(\frac{X_0 - X_{RÉ}}{DH_{RÉ}}\right)^2 (\sigma_{Y_0}^2 + \sigma_{Y_{RÉ}}^2)} \cdot \left(\frac{648.000}{\pi}\right) \quad (8)$$

onde $DH_{RÉ}$ é a distância horizontal do ponto de estação ao vértice de ré, dada por:

$$DH_{RÉ} = \sqrt{(X_0 - X_{RÉ})^2 + (Y_0 - Y_{RÉ})^2} \quad (9)$$

O ângulo irradiado na Expressão (7) é a diferença entre a direção horizontal lida no vértice de vante (PV) menos a direção horizontal lida no vértice de ré ($I = HZ_{PV} - HZ_{RÉ}$). Assumindo que as direções horizontais (HZ_{PV} e $HZ_{RÉ}$) possuem o mesmo desvio-padrão, em função da precisão nominal angular do instrumento (PN_{ang}), o desvio-padrão do ângulo irradiado se torna:

$$\sigma_I = \pm \sqrt{\left(\frac{8}{n}\right) \cdot PN_{ang}^2 + \frac{\sigma_n^2}{n} + \sigma_c^2} \quad (10)$$

onde σ_n corresponde ao erro na leitura do ângulo horizontal em função do erro de nivelamento do instrumento; e σ_c corresponde ao erro angular de centragem resultante na ocupação do ponto de estação, do vértice de ré e do PV (ver a Figura 3). O termo $(8/n)$ na Expressão (10) resulta do erro de pontaria/leitura em cada uma das direções horizontais (a ré e a vante) no valor do ângulo irradiado (mais detalhes em GHILANI, WOLF; 2006).

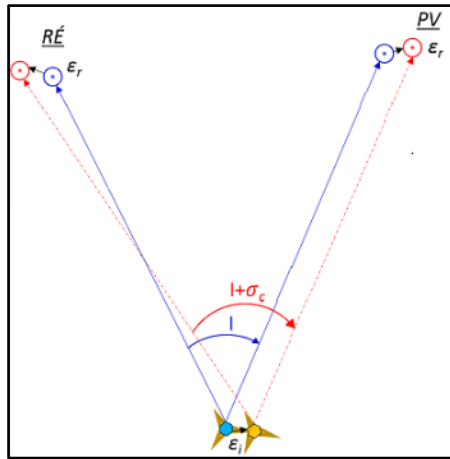


Figura 3 – Erros de centragem linear (ϵ_i , ϵ_r) e o erro resultante angular (σ_c) no levantamento com estação total.

Sobre o efeito do erro de nivelamento do instrumento na leitura do ângulo horizontal irradiado, este pode ser obtido por meio da seguinte expressão:

$$\sigma_n = \pm \sqrt{\sigma_{comp}^2 \cdot (\cot^2 Z_{RÉ} + \cot^2 Z)} \quad (11)$$

Na Expressão (11), para o caso de estações totais sem compensador ou de compensador simples, σ_{comp} deve ser substituído por $0,2 \sigma_{sens}$, onde σ_{sens} corresponde à sensibilidade da bolha de nível, valor este que varia entre 20" e 30" para a bolha tubular da base nivelante do instrumento. Finalmente, o erro angular de centragem, em segundos de arco, é dado por:

$$\sigma_c = \pm \sqrt{\left[\left(\frac{\epsilon_r}{DH_{RÉ} \cdot DH} \right)^2 (DH_{RÉ}^2 + DH^2) + \left(\frac{\epsilon_i}{DH_{RÉ} \cdot DH} \right)^2 \left(\frac{DH_{PV_RÉ}^2}{2} \right) \right] \cdot \left(\frac{648.000}{\pi} \right)} \quad (12)$$

onde na Expressão (12), $DH_{PV_RÉ}$ corresponde a distância horizontal entre o PV e o vértice de ré, que pode ser obtida, por exemplo, por meio da lei dos cossenos utilizando os valores de DH , $DH_{RÉ}$ e I , resultando na seguinte expressão:

$$DH_{PV_RÉ} = \sqrt{DH_{RÉ}^2 + DH^2 - 2 \cdot DH_{RÉ} \cdot DH \cdot \cos(360^\circ \pm I)} \quad (13)$$

onde na Expressão (13), utiliza-se $\cos(360^\circ + I) = \cos(I)$ se $I \leq 180^\circ$, ou $\cos(360^\circ - I)$ se $I > 180^\circ$. Note que os erros de centragem nas Expressões (5) e (10) não são reduzidos aumentando o número de leituras (n), a menos que os pontos fossem reocupados em cada medição, o que não é usual na prática.

Uma vez obtido o desvio-padrão das coordenadas X,Y do PV, o desvio-padrão horizontal resultante é dado por:

$$\sigma_{2D} = \pm \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2} = \pm \sqrt{\sigma_{X_0}^2 + \sigma_{Y_0}^2 + \sigma_{DH}^2 + DH^2 \left(\sigma_{Az} \cdot \frac{\pi}{648000} \right)^2} \quad (14)$$

Note que o desvio-padrão horizontal na Expressão (14) independe do valor do ângulo irradiado (I) ou do valor do azimuth (Az), mas depende do valor da distância horizontal (DH).

Para o caso da coordenada altimétrica (h ou H), no nivelamento trigonométrico com estação total a partir de um ponto de estação com altitude conhecida (h_0 ou H_0), a altitude do PV, considerando a correção devido à refração e curvatura da Terra, é dada por (ver a Figura 4):

$$h = h_0 + DN + C_{DN}, \quad DN = A_i + DI \cos Z - A_s, \quad C_{DN} = 6,75 \times 10^{-8} (DI \sin Z)^2 \quad (15)$$

onde DN corresponde ao desnível do ponto de estação ao PV, A_i corresponde à altura do instrumento (estação total), A_s corresponde à altura do prisma refletor ou sinal refletido no PV e C_{DN} corresponde à correção no desnível em função da refração atmosférica e curvatura terrestre.

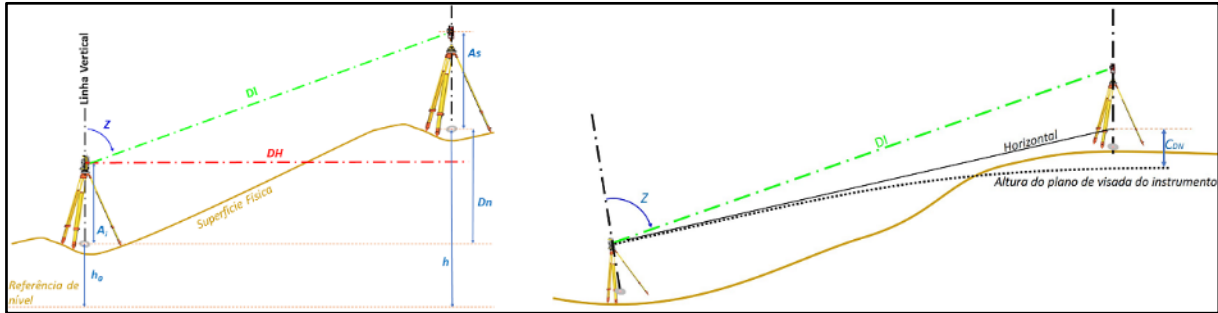


Figura 4 – Nivelamento trigonométrico com estação total e correção dos efeitos de refração e curvatura terrestre.

Pela propagação de erros, o desvio-padrão da coordenada altimétrica do PV é dado por:

$$\sigma_h = \pm \sqrt{\sigma_{h_0}^2 + \sigma_{DN}^2} \quad (16)$$

onde o desvio-padrão do desnível (DN) na Expressão (15) é dado por:

$$\sigma_{DN} = \pm \sqrt{\sigma_{A_i}^2 + \left(\cos Z + \frac{0,0675 \cdot DI \cdot \sin^2 Z}{500.000} \right)^2 \sigma_{DI}^2 + \left(\frac{0,0675 \cdot DI^2 \cdot \sin Z \cdot \cos Z}{500.000} - DI \sin Z \right)^2 \left(\sigma_Z \cdot \frac{\pi}{648.000} \right)^2 + \sigma_{A_s}^2} \quad (17)$$

Na expressão (17), pode-se assumir que os desvios-padrões na medição da altura do instrumento e do prisma refletor são dados por: $\sigma_{A_i} = \sigma_{A_s} = \pm 2$ mm (SCHOFIELD; BREACH, 2007). Uma vez obtido o desvio-padrão horizontal (ou planimétrico) e o desvio-padrão vertical (ou altimétrico), o desvio-padrão tridimensional (ou planialtimétrico) do novo ponto a ser determinado é dado por (ver a Figura 5):

$$\sigma_{3D} = \pm \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + \sigma_h^2} = \pm \sqrt{\sigma_{2D}^2 + \sigma_h^2} \quad (18)$$

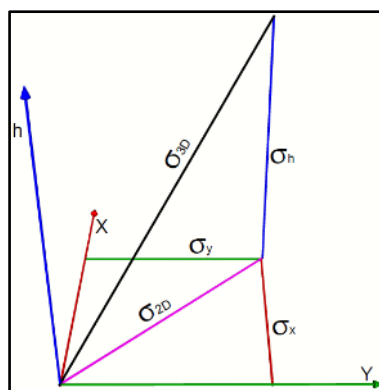


Figura 5 – Desvios-padrões das coordenadas (X, Y, h), e das resultantes horizontal (2D) e tridimensional (3D).

No transporte de coordenadas, após a determinação do PV (vante), este passa a ser o novo ponto de estação (X_0, Y_0, h_0); o ponto de estação anterior se torna o novo vértice de ré (X_{RE}, Y_{RE}); enquanto o próximo PV corresponde ao novo ponto a ser determinado (X, Y, h).

É importante mencionar que fontes de erros sistemáticos, como efeitos de temperatura, pressão atmosférica e constante do prisma refletor devem ser devidamente tratados, e que, no caso do transporte de coordenadas georreferenciadas com estação total, o profissional deve estar atento a questões como o fator de deformação das medições (ver FRANÇA et al., 2016).

5.3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Referente aos vértices da RRCM, a NBR14166 estabelece que o desvio-padrão horizontal de cada vértice deve ser de $|\sigma_{2D}| \leq 50$ mm e o desvio-padrão da altitude geométrica ou elipsoidal de cada vértice deve ser de $|\sigma_h| \leq 50$ mm. Além disso, nenhum imóvel deve apresentar distância superior a 500 m em relação a um vértice da RRCM ou marco do SGB. Os vértices da RRCM são classificados em 1) superiores: determinados em relação a marcos do SGB; 2) principais: determinados em relação a vértices superiores; ou 3) de apoio: determinados em relação a vértices principais ou de apoio pré-existentes. Por fim, cada vértice principal ou de apoio da RRCM deve ser intervisível a outro vértice, distante entre 100 m e 200 m deste.

Se for adotado o método da poligonação no transporte de coordenadas, a NBR14166 afirma que se devem seguir as recomendações da NBR13133. Na referida norma, a distância entre os vértices da poligonal deve ser de pelo menos 100 m, e as medições devem ser realizadas por no mínimo uma série de leituras conjugadas na posição direta e inversa da luneta.

Para o desvio-padrão posicional dos vértices do imóvel, a proposta elaborada pelo Grupo de Trabalho Técnico para elaborar o Manual de Engenharia para o Cadastro Rural e Urbano do Brasil, instituído pelo CONFEA, é resumida na Tabela 1:

Tabela 1 – Desvio-padrão máximo para cada tipo de vértice de imóvel urbano (Adaptado de CONFEA, 2018).

Classe	Desvio-padrão tridimensional (em mm)
1 – Regiões com alto valor e alta densidade de parcelas	70
1a – Vértices virtuais na classe 1	103
2 – Regiões com alto valor e baixa densidade de parcelas	70
2a – Vértices virtuais na classe 2	103
3 – Regiões com baixo valor e baixa densidade de parcelas	80
3a – Vértices virtuais na classe 3	120
4 – Para regularização fundiária de comunidades	80
4a – Vértices virtuais na classe 4	120

Analisando a Tabela 1, nota-se que o desvio-padrão posicional é definido para a resultante tridimensional (σ_{3D}), isto é, considerando o desvio-padrão das coordenadas planimétricas (X,Y) e da coordenada altimétrica (no referido documento, considera-se a altitude geométrica ou elipsoidal – h). O caso dos vértices virtuais, que não são obtidos diretamente por medições de campo, foge do escopo deste trabalho.

De forma resumida, o transporte de coordenadas, partindo de vértices da RRCM, vinculados ao SGB, até o vértice de divisa do imóvel urbano, não deve apresentar desvio-padrão tridimensional (σ_{3D}) superior aos valores constantes na Tabela 1. Sobre a precisão nominal (PN) dos equipamentos, a PN angular é o desvio-padrão relativo a um par de leituras da direção angular na posição direta e inversa da luneta (ISO17123-3, 2001); enquanto a PN linear é o desvio-padrão relativo a uma única medição de distância (ISO17123-4, 2012). É importante destacar que o formulário apresentado na seção anterior foi desenvolvido considerando estas questões, sendo necessário apenas informar o número total de leituras (n) nas equações correspondentes. Por exemplo, para uma série de leituras conjugadas, $n = 2$, enquanto que para uma visada única, $n = 1$ nas Expressões (5), (6) e (10).

Encerrando esta seção, cabe aqui citar os estudos de Luz (2013), que encontrou um valor limite para o desvio-padrão horizontal dos vértices de $|\sigma_{2D}| = 81$ mm, considerando alguns aspectos dos imóveis urbanos no Brasil. Supõe-se que este estudo serviu de base para a elaboração da Tabela 1, embora a inclusão do desvio-padrão da coordenada altimétrica, isto é, consideração de σ_{3D} ao invés de σ_{2D} , não tenha sido justificada no documento CONFEA (2018).

5.4 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

Os experimentos realizados envolvem diversas simulações, visando abranger grande parte dos casos passíveis de ocorrerem na prática. Quanto ao desvio-padrão posicional dos vértices de partida da RRCM (ponto de estação inicial e vértice de ré), considerando que o posicionamento por satélites, em geral, fornece melhores resultados em planimetria do que em altimetria (SILVEIRA, 2008), se considerou três cenários: 1) $\sigma_h = 2 \sigma_{2D}$; 2) $\sigma_h = 1,5 \sigma_{2D}$; e 3) $\sigma_h = \sigma_{2D}$.

Considerando ainda a propagação de erros na determinação dos vértices da RRCM, que, em geral, serão vértices principais ou de apoio, cinco casos distintos de precisões para os vértices de partida da RRCM foram estabelecidos para cada cenário, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 – Desvios-padrões vertical (σ_h) e horizontal (σ_{2D}) dos vértices de partida da RRCM em cada caso e cenário.

Caso	Cenários 1, 2, 3: σ_h (mm)	Cenário 1: σ_{2D} (mm)	Cenário 2: σ_{2D} (mm)	Cenário 3: σ_{2D} (mm)
1	10	5	8	10
2	20	10	15	20
3	30	15	23	30
4	40	20	30	40
5	50	25	38	50

Quanto à distância entre os pontos de estação no transporte de coordenadas até o imóvel, como esta depende da inclinação do terreno e das condições de intervisibilidade (dentre outros fatores), foram consideradas três tipos de situações:

- Visadas de 225 m em terreno plano (com dois pontos de estação auxiliares)
- Visadas de 150 m em inclinação de 10° (com três pontos de estação auxiliares)
- Visadas de 112,5 m em inclinação de 20° (com quatro pontos de estação auxiliares)

Em todas as três situações, foram assumidas distâncias de 150 m entre o ponto de estação inicial e o vértice de ré da RRCM (isto é, valor intermediário para a recomendação entre 100 m e 200 m constante na NBR14166); visadas de 50 m do último ponto de estação aos vértices do imóvel; e uma série de leituras conjugadas na posição direta e inversa da luneta para cada ponto de estação, isto é, $n = 2$ no cálculo das Expressões (5), (6) e (10).

Finalmente, quanto aos desvios-padrões do equipamento, considerando a maioria das estações totais atualmente disponíveis no mercado, foram considerados três casos:

- Equipamento 1: PN linear = $\pm (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$; PN angular = $\pm 1''$ e $\sigma_{\text{comp}} = \pm 0,5''$
- Equipamento 2: PN linear = $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$; PN angular = $\pm 2''$ e $\sigma_{\text{comp}} = \pm 1''$
- Equipamento 3: PN linear = $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$; PN angular = $\pm 5''$ e $\sigma_{\text{comp}} = \pm 1,5''$

Demais especificações foram assumidas constantes para todos os instrumentos: erros de centragem para o instrumento e para o prisma refletor de $\varepsilon_i = \varepsilon_r = 1,5 \text{ mm}$ e desvios-padrões da altura do instrumento e do prisma refletor de $\sigma_{Ai} = \sigma_{As} = \pm 2 \text{ mm}$.

5.5 RESULTADOS OBTIDOS

As Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam os resultados obtidos para os diversos experimentos simulados, combinando os cenários: Cenário 1 (Figuras 6, 7, 8), Cenário 2 (Figuras 9, 10, 11), Cenário 3 (Figuras 12, 13, 14) com os equipamentos: Equipamento 1 (Figuras 6, 9, 12), Equipamento 2 (Figuras 7, 10, 13) e Equipamento 3 (Figuras 8, 13, 14).

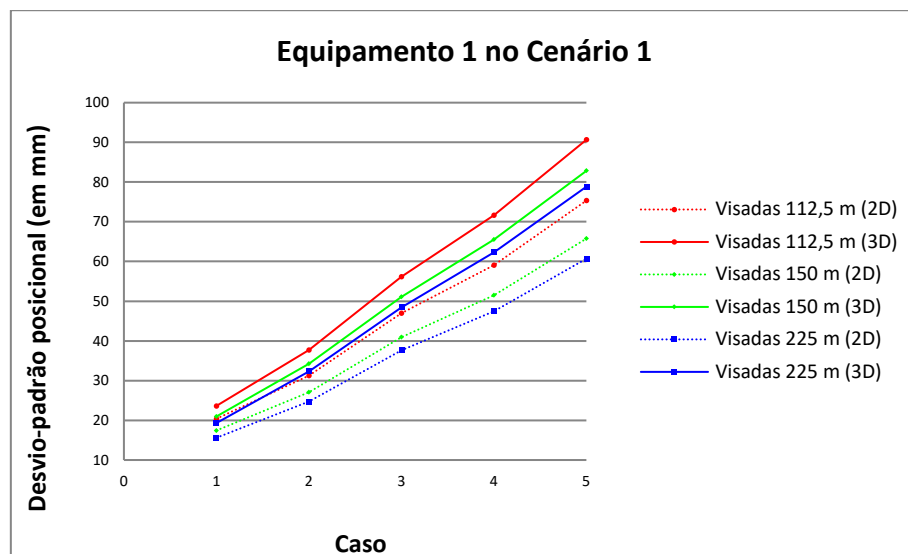


Figura 6 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 1 e Cenário 1).

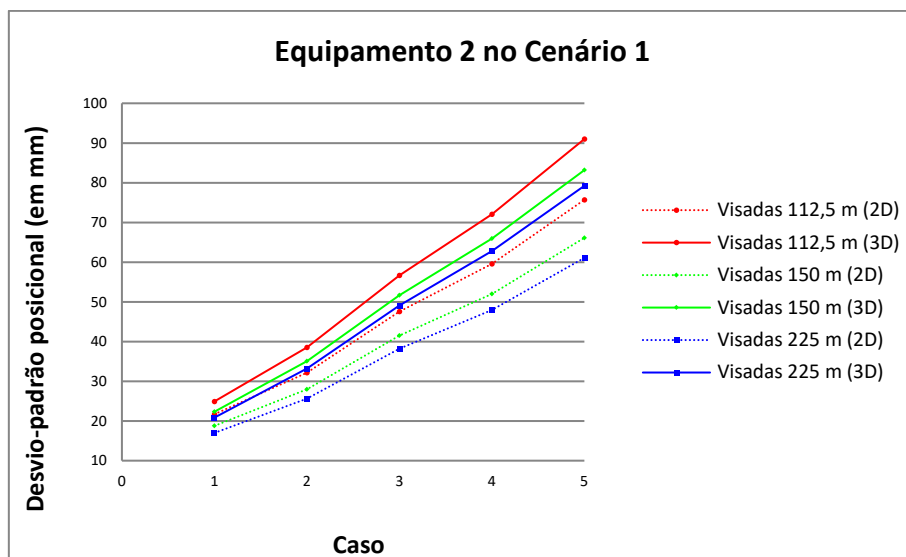


Figura 7 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 2 e Cenário 1).

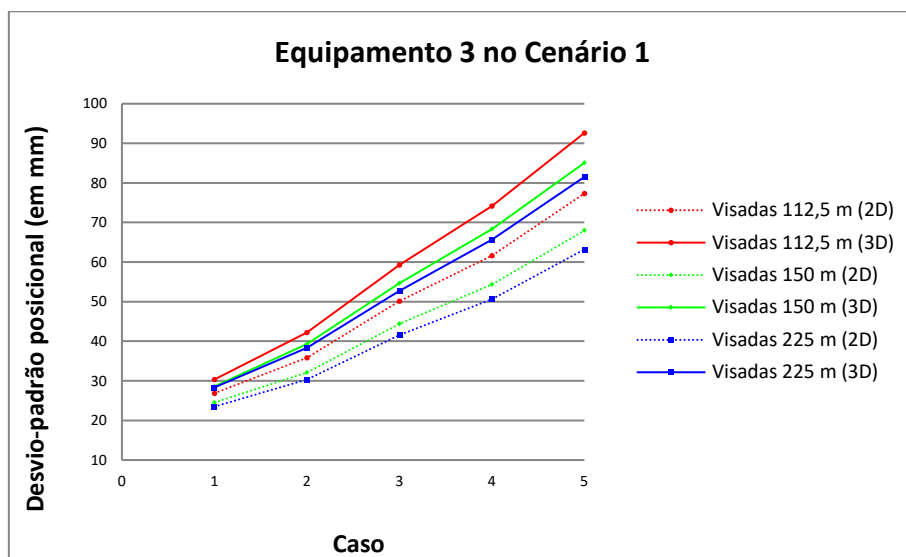


Figura 8 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 3 e Cenário 1).

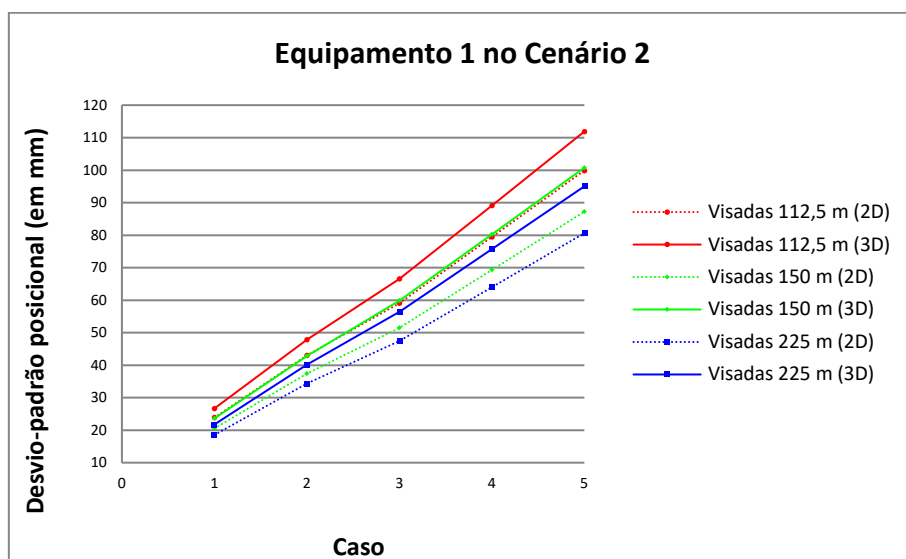


Figura 9 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 1 e Cenário 2).

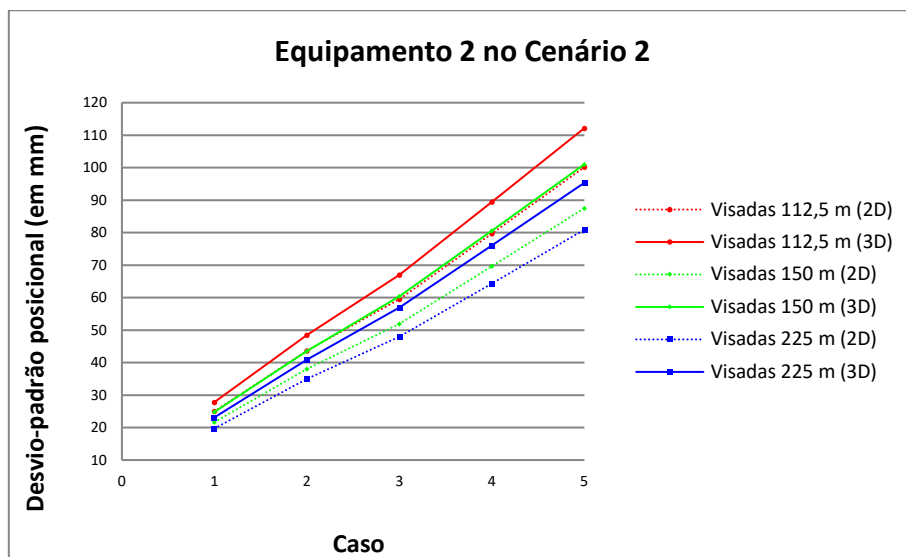


Figura 10 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 2 e Cenário 2).

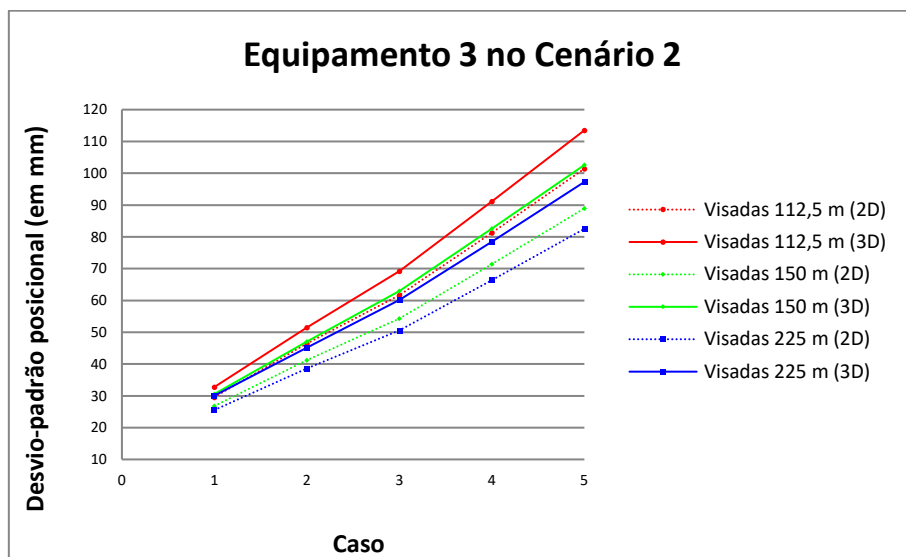


Figura 11 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 3 e Cenário 2).

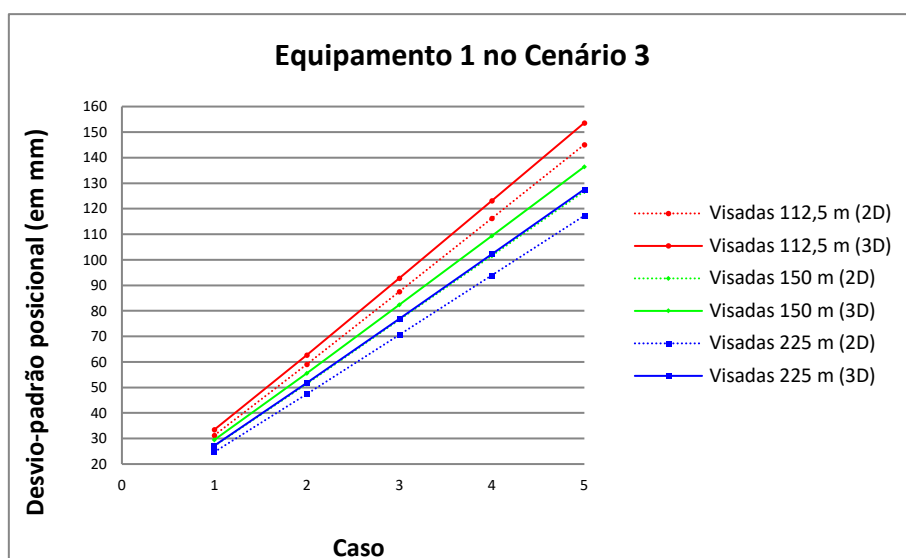


Figura 12 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 1 e Cenário 3).

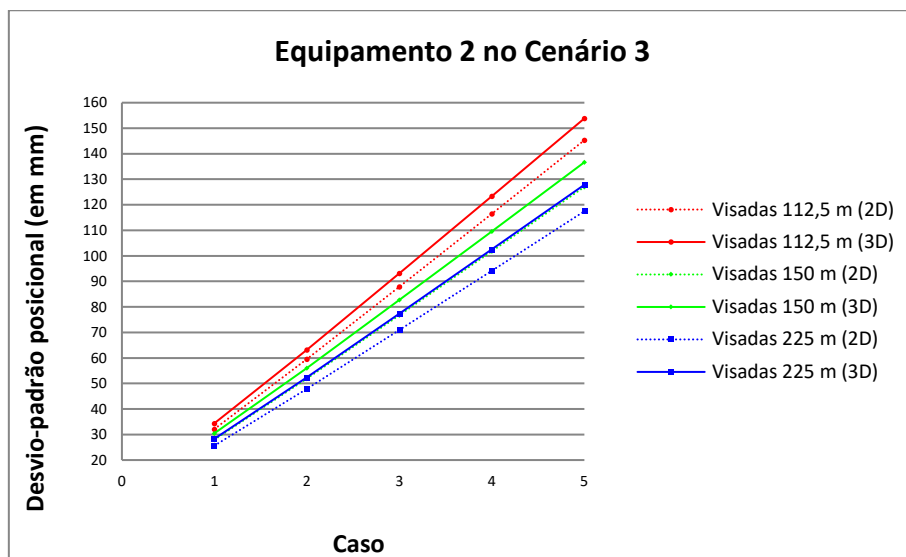


Figura 13 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 2 e Cenário 3).

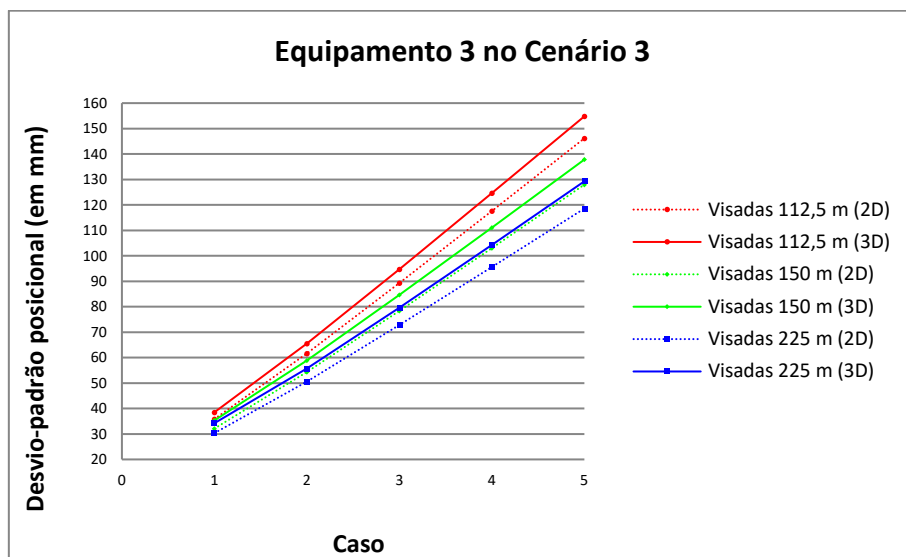


Figura 14 – Desvio-padrão em mm (2D e 3D) do vértice do imóvel nos Casos 1 – 5 (Equipamento 3 e Cenário 3).

Ao todo, são apresentados $(3 \times 3 \times 5 \times 3 \times 2) = 270$ resultados nas Figuras 6 – 14. Desta forma, um resumo de todos os resultados obtidos é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos resultados obtidos nos diversos experimentos realizados (valores em mm).

	Desvio-padrão posicional	Média - Equipamento 1	Média - Equipamento 2	Média - Equipamento 3	Média - Todos os equipamentos
Cenário 1	σ_{2D}	41	42	46	43
	σ_{3D}	52	52	56	53
Cenário 2	σ_{2D}	54	55	58	56
	σ_{3D}	63	63	66	64
Cenário 3	σ_{2D}	78	79	81	79
	σ_{3D}	84	85	87	85
Média de todos os resultados – σ_{2D}					59
Média de todos os resultados – σ_{3D}					68

Em relação aos critérios de tolerância para o desvio-padrão posicional dos vértices dos imóveis presentes na Tabela 2, a Tabela 4 apresenta a porcentagem de casos que excedem estes critérios de tolerância nos diversos experimentos realizados.

Tabela 4 – Porcentagem de resultados que excedem as tolerâncias de 70 e 80 mm para o desvio-padrão posicional.

	Desvio-padrão posicional	Valores acima de 70 mm (em %)	Valores acima de 80 mm (em %)
Cenário 1	σ_{2D}	6,7	0,0
	σ_{3D}	26,7	15,6
Cenário 2	σ_{2D}	28,9	22,1
	σ_{3D}	40,0	31,1
Cenário 3	σ_{2D}	60,0	46,7
	σ_{3D}	60,0	53,3
Média de todos os resultados – σ_{2D}		31,9	23,0
Média de todos os resultados – σ_{3D}		42,2	33,3

5.6 DISCUSSÕES

Analisando os resultados das Figuras 6 – 14 e da Tabela 3, se conclui que a precisão do equipamento, em geral, tem pouca influência nos resultados finais. Por exemplo, embora o Equipamento 1 tenha precisão nominal linear duas vezes melhor do que o Equipamento 3, precisão nominal angular cinco vezes melhor do que o Equipamento 3 e precisão do duplo compensador três vezes melhor do que o Equipamento 3, as diferenças nos resultados obtidos entre estes equipamentos é da ordem de mm para valores da ordem de dm na Tabela 3.

Esta situação decorre do fato do transporte de coordenadas relativamente curto (algumas centenas de metros), com medições em geral de precisão milimétrica. Logo, a incerteza posicional dos vértices de partida da RRCM, em geral da ordem de cm, é o fator dominante na propagação de erros por meio de poligonização com estação total, especialmente no valor do desvio-padrão do azimute da ré, obtido por meio da Expressão (8).

Além disso, analisando ainda as Figuras 6 – 14, quanto menor a distância de visada, isto é, quanto maior o número de pontos de estação auxiliares no transporte de coordenadas, maior é a propagação de erros (incertezas) sobre o vértice do imóvel, conforme esperado.

Analisando os resultados da Tabela 4, nota-se 23% dos casos (cerca de 1/4) excedem a tolerância posicional de 80 mm, considerando o desvio-padrão horizontal. Entretanto, se for considerado o desvio-padrão tridimensional, este número salta para 33,3% (cerca de 1/3 do total). Se for considerado o critério de tolerância posicional de 70 mm, como em algumas classes de vértices da Tabela 2, estes números aumentam para 31,9% e 42,2%, respectivamente.

Nota-se ainda nas Tabelas 3 e 4 a grande heterogeneidade dos resultados obtidos, o que reflete as diversas situações possíveis de se obter na prática, conforme desejado. Por exemplo, se o critério for de 80 mm para o desvio-padrão horizontal, conforme os estudos de Luz (2013), cerca de 23% dos casos excedem a tolerância posicional. Entretanto, se o critério for de 70 mm para o desvio-padrão tridimensional, conforme algumas classes de vértices em CONFEA (2018), o número de casos que excedem a tolerância posicional salta para 42,2%, isto é, quase o dobro.

Em outras palavras, como os resultados em pouco se alteram melhorando a precisão do equipamento, as conclusões mais claras fornecidas por estas centenas de resultados são: 1) evitar a adoção de um critério de tolerância para o desvio-padrão posicional inferior a 80 mm; e 2) evitar a adoção de um critério de tolerância tridimensional, sem justificativas claras para isto.

Ressalta-se que o INCRA adota um critério de tolerância posicional considerando apenas o desvio-padrão horizontal (σ_{2D}) para o caso do georreferenciamento de imóveis rurais, embora a coordenada altimétrica (h) e sua precisão (σ_h) também devem ser determinadas (INCRA, 2013).

É importante destacar ainda que os resultados obtidos nestes experimentos são conservadores por uma série de motivos, como por exemplo:

- Foi assumido que a distância do imóvel a um vértice da RRCM é de apenas 500 m, o que não corresponde à realidade atual da grande maioria dos municípios do país;
- Foram assumidas visadas superiores a 100 m, mas em diversas situações, como áreas urbanas centrais, estradas sinuosas em periferias e regiões de relevo acidentado, não há possibilidade de visadas acima de 100 m sem obstruções de visibilidade, o que resulta em um maior número de pontos de estação, isto é, maior propagação de erros;
- Em alguns casos os vértices de partida da RRCM apresentam desvio-padrão horizontal milimétrico, o que não será a realidade de diversos municípios em função da distribuição dos marcos do SGB, além da própria propagação de erros no processo de densificação da RRCM para atender ao raio de 500 m em relação a cada imóvel;
- Foi assumido que todos os vértices do imóvel podem ser levantados a partir de um único ponto de estação, situação que dificilmente ocorre na prática. Ao se considerar mais um ponto de estação para

levantar os vértices de fundo do imóvel, por exemplo, os resultados obtidos seriam ainda piores dos que foram aqui apresentados.

É importante destacar que os autores deste trabalho não são contrários ao levantamento planialtimétrico dos vértices do imóvel. O ponto central aqui é: considerando todos os resultados e discussões apresentados, não se recomenda a tolerância posicional em função do desvio-padrão tridimensional ao invés do desvio-padrão horizontal. Ressalta-se ainda que os estudos de Luz (2013) são relativos ao desvio-padrão horizontal, enquanto a substituição deste pelo desvio-padrão tridimensional em CONFEA (2018) não foi devidamente justificada ou ao menos referenciada por outros estudos no referido documento.

Quanto ao desvio-padrão vertical (altimétrico) dos vértices do imóvel, propõe-se que este deve ser considerado separadamente, como inclusive é adotado na NBR14166 para o caso dos vértices da RRCM. Ressalta-se que os autores deste trabalho desconhecem alguma norma ou legislação no cenário internacional que define valores de tolerância para o desvio-padrão tridimensional dos vértices de divisa de imóveis urbanos. Em outras palavras, a proposta apresentada em CONFEA (2018) parece possuir um caráter arbitrário, pois carece de uma justificativa formal e/ou de estudos prévios na literatura, o que pode resultar em algo inviável de ser atingido na prática, conforme os indícios sugeridos pelos diversos resultados aqui obtidos.

Esta discussão se torna ainda mais crítica se for considerado o Decreto Nº 9.310 de 15 de Março de 2018 (BRASIL, 2018), que institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. No referido documento, consta que “o erro posicional esférico do vértice definidor de limite deverá ser igual ou menor a oito centímetros de raio”. Não se tem conhecimento na literatura nacional anterior ao Decreto sobre o conceito do termo “erro posicional esférico”, que também não está claramente especificado no mesmo.

Aqui, assume-se que o erro posicional esférico em questão corresponde ao desvio-padrão tridimensional (σ_{3D}), de acordo com a Expressão 7.131 apresentada em Seeber (2003, pg 304) para o termo “mean radial spherical error”, que é equivalente a Expressão (18) deste trabalho.

Portanto, considerando os resultados aqui apresentados e a realidade da grande maioria dos municípios do Brasil, constata-se a gravidade do problema que milhares de profissionais poderão enfrentar para atender a este tipo de exigência sem dispor de RRCM altamente densificadas e de alta qualidade posicional.

5.7 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER. No estudo realizado, se considerou a propagação de erros (incertezas) a partir de vértices da RRCM até os vértices de divisa do imóvel urbano, utilizando o transporte de coordenadas por meio de poligonização com estação total e seguindo as recomendações das novas versões das normas técnicas NBR13133 e NBR14166.

Por meio dos diversos experimentos realizados, alterando a precisão nominal do equipamento, a distância de visada e o desvio-padrão dos vértices de partida da RRCM, se verificou que boa parte dos resultados excederam os critérios de desvio-padrão posicional estabelecidos pelo documento CONFEA (2018), devido ao fato do critério estar relacionado ao desvio-padrão tridimensional ao invés do desvio-padrão horizontal; especialmente quando o valor de tolerância adotado é de 70 mm ao invés de 80 mm. Ressalta-se que o valor de 80 mm foi obtido pelos estudos de Luz (2013) somente para o caso do desvio-padrão horizontal.

Portanto, dada a aparente arbitrariedade e falta de justificativas e/ou referências pela adoção de um critério de desvio-padrão tridimensional (σ_{3D}) no documento CONFEA (2018), a primeira conclusão aqui obtida, amparada pelos diversos experimentos realizados, pelos estudos de Luz (2013) e para o caso já previsto de imóveis rurais (INCRA, 2013), é pela adoção de critérios de desvio-padrão horizontal (σ_{2D}) e vertical (σ_h) independentes para os vértices de divisa de imóveis urbanos.

A segunda conclusão obtida é que, caso sejam adotados diferentes valores de tolerância para o desvio-padrão horizontal dos vértices de imóveis urbanos, que estes valores **não sejam inferiores a 80 mm**, novamente, baseando-se nos diversos experimentos realizados e nos estudos de Luz (2013). Uma sugestão, por exemplo, é adotar valores de tolerância de 80 mm, 100 mm e/ou 120 mm, dependendo da realidade física encontrada. Para o desvio-padrão vertical dos vértices, mais estudos são necessários, considerando, principalmente, qual é a necessidade de se definir uma coordenada altimétrica para os vértices de divisa dos imóveis urbanos.

Por fim, cabe ainda salientar que a maioria dos municípios do país não dispõe de RRCM, especialmente de acordo com a nova versão da NBR14166, recém-finalizada. Desta forma, os resultados obtidos são conservadores, pois se parte do pressuposto que já existe uma RRCM implantada de acordo com a nova versão da NBR14166, o que não corresponde a realidade atual dos municípios do país. Uma proposta de implantação de RRCM de baixo custo e grande abrangência, para se adequar a esta necessidade, pode ser obtida em Klein et al. (2017).

Neste contexto, a conclusão geral deste trabalho é que, atualmente, não é possível atender as exigências do documento CONFEA (2018) e do Decreto Nº 9.310/2018 em grande parte das situações. Este fato é crítico se for considerado que a precisão nominal do equipamento exerce pouca influência nos resultados finais, isto é, mesmo dispondo dos melhores equipamentos, ainda assim não é possível atender as exigências técnicas que constam nestes documentos.

Como sugestões para trabalhos futuros, sugerem-se investigações mais profundas a respeito destas questões, considerando a grande heterogeneidade das regiões, estados e municípios do país, por exemplo, em termos de marcos das redes ativa e passiva do SGB; dimensões das áreas urbanas e rurais; padrões de urbanização e o transporte de coordenadas em diversas situações, dentre vários outros fatores.

5.8 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico**. (versão para consulta pública). Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.166: Rede de referência cadastral municipal – Procedimento**. (versão para consulta pública). Rio de Janeiro, 2018. 23p.

BRASIL. **Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018**. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mar. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016**. Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, 11 mai. 2016.

BRASIL. **Congresso Nacional. Projeto de Lei Complementar PL 3.876/2015**. Estabelece normas para elaboração do cadastro territorial dos municípios e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/1475564.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

CONFEA. **Normas e Procedimentos de Engenharia para Cadastro Urbano no Brasil**. Versão 1.0. 2018. 98p.

DEAMBROGIO, L.; JULIEN, O. **Characterization of carrier phase measurement quality in urban environments**. In: EWGNSS 2013, 6th European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing, Munich, Germany, 2013.

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

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Adjustment Computations: Spatial Data Analysis**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2006. 611p.

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

FRANÇA, R. M.; CABRAL, C. R.; HASENACK, M. **Implantação de obras em sistemas TMs com estação total**. In: Anais do XII COBRAC. Florianópolis, p. 1-11, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. 3º Edição. Brasília. 2013. 4p.

ISO17123-3. **Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 3 Theodolites**. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 2001. 26 p.

ISO17123-4. **Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 4 Electrooptical distance meters**. ISO copyright office, Genève, Switzerland. 2012. 30 p.

KLEIN, I.; GUZATTO, M. P.; HASENACK, M.; CABRAL, C. R.; LIMA, A. P. B.; FRITSCHÉ, S.; REGINA JUNIOR, L. A. M.; MOMO, G. F. **Rede de referência municipal para estações livres: uma proposta de baixo custo e grande abrangência**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, n. 3, p. 519–532, 2017.

LEICA. **Leica FlexLine TS09plus Brochure**. 2016. 6p. Disponível em: <<https://leica-geosystems.com/products/total-stations/manual-total-stations/leica-flexline-ts09plus>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

LUZ, L. A. S. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, SC. 2013. 82p.

SCHOFIELD, W.; BREACH, M. **Engineering surveying**. 6th Edition. Elsevier, 2007. 622p.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods, and applications**. 2nd Edition. Walter de Gruyter, 2003. 589p.

SILVEIRA, G. C. **Influência da geometria dos satélites na precisão das coordenadas geodésicas obtidas com o sistema GPS**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo, USP. São Carlos, SP. 2008. 170p.

6 A COMPONENTE VERTICAL NO CADASTRO 3D E O SINTER

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

6.1 Introdução

Nos países desenvolvidos e em muitos países em desenvolvimento os sistemas cadastrais têm migrado para incorporar a terceira dimensão, desenvolvendo modelos de dados baseados nos seus registros atuais e nas técnicas disponíveis. No Brasil, alguns esforços têm sido feitos no sentido de traçar os caminhos para um Cadastro parcelar, definido por coordenadas e interligado ao registro de imóveis. O marco mais importante é, sem dúvida, a lei 10.267/2001 que estabelece a exigência para o georreferenciamento dos imóveis rurais. Estando restrita ao ambiente rural, tal lei não alcança todo o território nacional. Posteriormente a ela, houve a tentativa do Ministério das Cidades, através da portaria 511/2009, de lançar as bases para que as prefeituras viessem também a adotar princípios cadastrais em suas bases de dados. Como portaria, entretanto, o documento não tinha força de lei, mas lançou luz sobre as questões cadastrais em nível nacional ao promover a capacitação de um grande número de agentes públicos além de discuti-las em eventos nacionais.

Mais recentemente, a publicação Decreto N° 8764/2016 criou o SINTER – Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais com a missão de integrar em um banco de dados espaciais o fluxo dinâmico de dados jurídicos produzidos pelos serviços de registros públicos ao fluxo de dados fiscais, cadastrais e geoespaciais de imóveis urbanos e rurais produzidos pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, sob responsabilidade da Receita Federal do Brasil – RFB (BRASIL, 2016). Conforme instituído no decreto, o SINTER deverá integrar bases de dados relacionadas a imóveis rurais e urbanos. No âmbito rural, o INCRA passará a fornecer sua base cadastral para alimentar o sistema; no âmbito urbano, as prefeituras farão esse papel.

Os seminários de divulgação do SINTER realizados desde a sua criação dão conta de que a tentativa de integração dos diferentes cadastros adota uma perspectiva tridimensional da base cadastral. Com vistas a contribuir na discussão sobre o modelo cadastral divulgado, centrado em tipos diferentes de parcelas e na possibilidade de sedimentação de um Cadastro 3D, este artigo resume um ensaio teórico sobre o assunto e apresenta alternativas com base na literatura internacional da área.

6.2 PARCELAS, OBJETOS TERRITORIAIS E O CADASTRO 3D

O Cadastro 2014 é um documento publicado pela Federação Internacional dos Geômetras – FIG em 1998 contendo seis declarações que resumiam a visão de vanguarda dos sistemas cadastrais à época com prognóstico para os sistemas cadastrais ao longo dos próximos 20 anos. Nele são recapituladas definições do termo Cadastro – como a tradicionalmente conhecida afirmativa da própria FIG de que o Cadastro é o “inventário público, metodicamente organizado, de dados referentes à propriedade dentro de um país ou distrito, baseado no levantamento de seus limites” (KAUFMANN e STEUDLER, 1998). Este conceito tradicional de Cadastro aparece sempre atrelado ao inventário das parcelas territoriais (bidimensionais projetadas sobre um plano).

Com as mudanças e transformações que a própria sociedade sofre em suas relações com o território, o Cadastro também deve sofrer transformações para acompanhar tais modificações. O entendimento mais difundido sobre a parcela territorial é o de que ela corresponde à menor unidade presente no Cadastro e sobre a qual incide – num dado tempo – um regime jurídico que é único. Outra posição mais genérica sobre a parcela é a de que ela é a uma porção do território sobre a qual se pode exercer algum direito. No Cadastro 2014, as parcelas passam a ser tratadas como Objetos Territoriais e conceituadas como “toda porção finita e homogênea do território, por sua natureza ou por acesso” (KAUFMANN e STEUDLER, 1998).

Quando esta porção do território é delimitada ou amparada juridicamente o conceito passa a ser o de Objetos Territoriais Legais; quando não o são, simplesmente Objetos Territoriais ou de Objetos Territoriais Físicos. Assim, grande parte das parcelas naturais, como rios, lagos, florestas e montanhas, que não possuem

conotação jurídica, caracterizam os objetos territoriais. De outra forma, quando a porção do território é definida por direito constituído por lei, tal parcela será um objeto territorial legal.

Ainda conforme Kaufmann e Steudler (1998), a primeira declaração do Cadastro 2014 (Statement 1) apresenta o seguinte texto: “O Cadastro 2014 mostrará a completa situação legal do território, incluindo direitos e restrições públicas”. Esta era a visão progressista da FIG em 1998, apontando para o que viria a ser o Cadastro nos diversos países do mundo num prazo de 20 anos. Muito embora o conteúdo do documento seja em parte um retrato das transformações que os sistemas cadastrais tradicionais (bidimensionais e analógicos) sofriam em termos tecnológicos (havia declarações sobre a “morte” dos mapas cadastrais em detrimento da modelagem e a abolição de documentos em papel, por exemplo), esta primeira declaração e o conceito de Objetos Territoriais são abrangentes o suficiente para alcançar uma perspectiva cadastral tridimensional.

Entre outros casos, quando se trata do direito de mineração ou da exploração do espaço aéreo ocorre uma situação prevista por instrumento legal abaixo ou acima da superfície topográfica, portanto no território, e que deve ser contemplada no Cadastro. A delimitação, o registro e a representação bidimensional serão insuficientes para alcançar todas as possibilidades cada vez mais complexas de ocupação e exploração do território. Em alguns casos estas ocupações estão sobrepostas em níveis diferentes e abre-se caminho para a implementação de um Cadastro 3D, completo ou em partes, a fim de que a completa situação legal seja apresentada, incluindo aí todos os direitos e restrições (CARNEIRO, ERBA e AUGUSTO, 2011; CARNEIRO, ERBA e AUGUSTO, 2012).

6.3 Diferentes níveis de complexidade de um Cadastro 3D

Araújo (2015) aponta que um Cadastro 3D permite que diferentes abordagens se apresentem como delineamentos à sua definição. Tais diferenças são o resultado do estado atual de amadurecimento do sistema cadastral de um país (incluindo aí a legislação pertinente ao registro), da disponibilidade de dados e das soluções tecnológicas adotadas. Pode-se abordar um Cadastro 3D de maneira estrutural em pelo menos quatro situações de crescente complexidade, quais sejam: i) um Cadastro 2D com informações do relevo do terreno (2.5D); ii) um Cadastro com objetos em 3D (edificações ou objetos territoriais isolados); iii) um Cadastro que contenha levantamentos cadastrais do espaço real acima e abaixo da superfície (de infraestrutura, por exemplo); ou, iv) um Cadastro 3D completo com limites tridimensionais de propriedade.

Considerando este quadro de crescente complexidade, encontra-se a afirmação de Papaefthymiou et al. (2004) que diz:

“Sob estas circunstâncias, a mudança para um sistema de Cadastro 3D é progressivamente necessária em curto prazo e absolutamente essencial em longo prazo. Fazer referência a um sistema cadastral 3D, não implica necessariamente um sistema de registro totalmente 3D estruturado. Um sistema compatível, que seja capaz de incorporar o registro de objetos 3D, ainda que bidimensional, pode muitas vezes fazer o trabalho, com igual sucesso.” (PAPAEFTHYMIYOU et al., 2004)

Os referidos autores apresentam, portanto, uma ideia progressiva muito clara que não pretende se desfazer das conquistas em termos de sistemas cadastrais já estruturados, mas que visa a incorporar a terceira dimensão aos poucos, fazendo-se acompanhar pelas mudanças que a própria legislação e a tecnologia permitirem. Em segundo plano, pode-se extrair deste quadro que o Cadastro 3D, sendo incorporado aos poucos, objetiva inicialmente a resolver questões pontuais onde a necessidade apontar – o que dispensa uma transformação brusca em termos de modelagem.

Entretanto, esta ideia aponta também no sentido de que mesmo diante da necessidade premente o Cadastro continuará dependente das estruturas bidimensionais, e assim tem sido em diversos países que adotaram soluções híbridas entre o 2D e o 3D registrando parcelas espaciais referidas a parcelas territoriais em cartas cadastrais.

O ideal, neste cenário de transição e de crescente complexidade, é que o sistema cadastral possa se adaptar de tal forma que onde a parcela territorial responda positivamente ao princípio da especialidade, assim seja mantida, e nos casos em que a sobreposição de interesses, de direitos, de responsabilidades ou de restrições ocorra acima ou abaixo da superfície, seja possível o uso de parcelas espaciais para atender ao mesmo princípio.

6.4 Modelos Cadastrais 3D

Ainda a respeito das diferentes abordagens estruturais do Cadastro 3D, Stoter et al. (2004) e Ploeger e Stoter (2004) apontam algumas alternativas possíveis e afirmam que o termo ‘Cadastro 3D’ pode ser interpretado de muitas maneiras que variam de um Cadastro completo com suporte tridimensional a parcelas espaciais, a Cadastros tradicionais nos quais a informação limitada é mantida em situações em 3D. Para os referidos autores três modelos conceituais se distinguem para um Cadastro 3D (com variações), sendo:

- i. Cadastro 2D com ‘etiquetas/advertências 3D’ administrativas ligadas a parcelas territoriais no registro cadastral tradicional, que é a situação comum em muitos países;

- ii. Cadastro híbrido, no qual as pessoas têm o direito sobre 'volumes', conferindo-lhes direitos também nas parcelas territoriais de interseção. Aqui há duas variações alternativas. A primeira é o registro de parcelas 2D em todos os casos e o registro adicional de um espaço 3D legal, no caso de unidades de propriedade 3D dentro de uma parcela, usando um limite de altura (inferior e superior) do espaço a que se aplicam direitos e/ou restrições. A segunda alternativa é o registro de parcelas 2D em todos os casos e registro adicional do espaço legal de objetos territoriais físicos no espaço 3D (Figuras 1 e 2); e,
- iii. Cadastro 3D completo, no qual as pessoas podem explicitamente ter direito sobre 'volumes'. A primeira variação alternativa é a combinação de parcelas infinitas e volumes; a segunda alternativa é aquela na qual somente são admitidas no Cadastro 3D parcelas delimitadas totalmente em três dimensões (ou, como se referem os autores, volume parcels – 'parcelas de volumes') (Figura 3).

Stoter et al. (2004) e Ploeger e Stoter (2004) concluem afirmando que o primeiro modelo tem provado ser um bom ponto de partida (é prática corrente em muitos registros cadastrais). No entanto, uma falha fundamental desta abordagem é que tanto a informação espacial quanto não-espacial não são integradas no Cadastro: a informação é armazenada em arquivos separados.

Sobre a abordagem híbrida, os autores afirmam que esta tem demonstrado ser uma boa alternativa para Cadastros que são ainda muito orientados territorialmente, ou seja, o direito de propriedade real só pode ser estabelecido pela vinculação com as parcelas territoriais com direitos e restrições limitadas. Uma vez que o status legal ainda é registrado por meio de parcelas territoriais, consultar o status legal em 3D ainda significa recolher informações sobre o estatuto jurídico das parcelas territoriais que se interceptam.

Quanto ao modelo de Cadastro 3D completo, Stoter et al. (2004) e Ploeger e Stoter (2004) ainda afirmaram que se trata do modelo conceitual que mostrou o melhor potencial a longo prazo. No modelo completo a entidade básica deixa de ser a parcela territorial e as pessoas passam ter a títulos de propriedade sobre volumes. Num Cadastro 3D completo o espaço é subdividido em volumes. Obviamente, este é o modelo mais complexo e que vai requerer o maior número de mudanças em termos de legislação no país que o decidir adotar.

Conforme anota Stoter et al. (2004) sobre o modelo conceitual de Cadastro 3D completo (tradução dos autores):

“As parcelas 3D formam uma partição de volume (não há sobreposições ou lacunas em 3D). A base jurídica, os protocolos de transação imobiliária e o registro cadastral devem apoiar a criação e transmissão de direitos 3D. O mapa cadastral 2D não existe mais e, portanto, não estabelece quaisquer restrições sobre os direitos 3D, ou seja, direitos 3D não estão relacionados com a configuração da superfície. Objetos imobiliários são definidos em 3D. Direitos e restrições estão relacionadas com volumes. As relações entre duas parcelas 3D pode ser necessário para cuidar de, por exemplo, a acessibilidade de uma parcela 3D que não está diretamente ligada à superfície.”

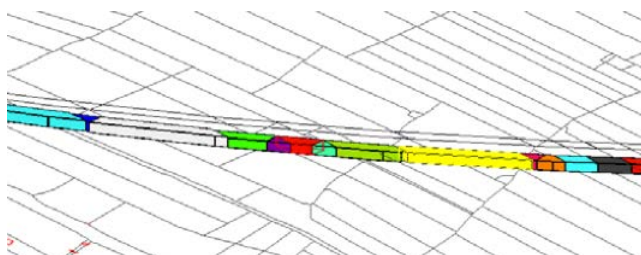


Figura 1 – Representação gráfica do modelo de dados cadastral 3D híbrido, parcelas espaciais vinculadas às parcelas territoriais. Fonte: adaptado de Stoter et al. (2004).

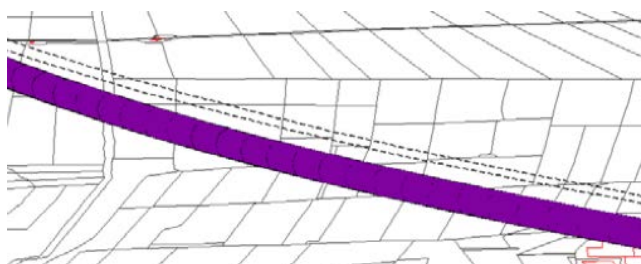


Figura 2 - Representação gráfica do modelo de dados cadastral 3D híbrido, registro adicional de parcela espacial. Fonte: adaptado de Stoter et al. (2004).

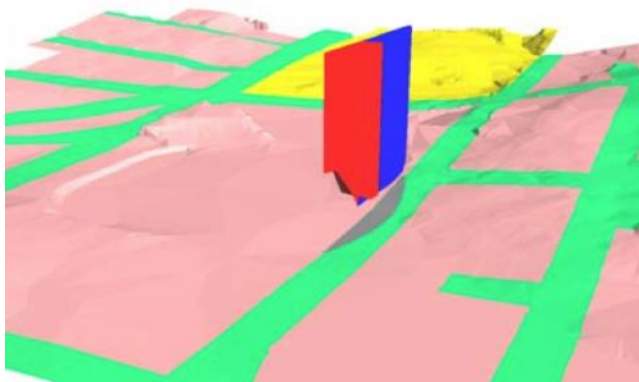


Figura 3 - Representação gráfica do modelo de dados cadastral 3D completo. Fonte: adaptado de Stoter et al. (2004)

Em um Cadastro 3D completo, o espaço tridimensional contínuo (o universo) é subdividido em volumes de particionamento. A base jurídica, os protocolos de transação imobiliária e o registro cadastral devem apoiar a criação e transmissão de direitos que explicitamente habilita pessoas para 'volumes' ou parcelas espaciais (ou seja, direitos 3D). O mapa cadastral 2D não estabelece quaisquer restrições sobre os direitos 3D: direitos 3D não estão relacionados com a configuração da superfície (como é o caso nos outros dois modelos conceituais de Cadastro 3D). Objetos imobiliários podem ser definidos em 3D. Direitos e restrições podem ser relacionados espacialmente. Estabelecer relações entre duas parcelas espaciais pode ser necessário para garantir, por exemplo, a acessibilidade de uma parcela espacial que não está diretamente ligada à superfície, por exemplo, nos casos de direitos de mineração ou redes de infraestrutura subterrânea, que podem estar relacionados a várias parcelas da superfície.

6.5 OS TIPOS DE PARCELAS DELINEADOS NO SINTER

O documento base da RFB contendo as definições de Cadastro e parcela para o SINTER (REZENDE, 2017) apresenta na p.16 três tipos distintos para a parcela cadastral, quais sejam:

- “1. A unidade mínima do cadastro com limites formais que marcam a extensão do solo, possuída por uma pessoa física ou jurídica ou por várias em regime de condomínio geral ou edifício, em situação de propriedade ou posse ou direito real de superfície.*
- 2. A unidade autônoma situada sobre área comum em condomínio, contendo fração ideal do terreno e com volume físico mensurável, possuída por uma pessoa física ou jurídica, com regime jurídico de propriedade ou posse.*
- 3. A unidade imobiliária autônoma situada sobre a superfície edificada da unidade originalmente construída sobre o solo, com volume mensurável, titularidade distinta da outra, possuída por uma pessoa física ou jurídica, em situação de propriedade ou posse ainda não regularizada, com direito apenas sobre o espaço aéreo, sem dispor de uma fração ideal do terreno.”*

Daqui em diante, por uma questão de simplicidade, e seguindo a própria ordem descrita na definição acima, nomearemos as parcelas neste texto como tipo 1, tipo 2 e tipo 3.

Conforme exposto, a parcela tipo 1 é claramente bidimensional (parcela territorial), cujos limites “marcam a extensão no solo”. Os tipos 2 e 3 estão relacionados à direitos, restrições ou responsabilidades que ocorrem acima ou abaixo no nível do terreno, tendo, portanto, características tridimensionais.

Entretanto, nos diversos seminários promovidos nos últimos meses em diferentes locais, a abordagem apresentada para o delineamento das parcelas no SINTER é o de que todas elas são tridimensionais e que o conjunto dos levantamentos dos seus vértices de limite comporão um Cadastro 3D. Nos capítulos seguintes serão abordados os aspectos particulares de cada um destes tipos de parcelas e sua relação com a componente vertical num enfoque cadastral tridimensional.

6.5.1 A componente vertical nas parcelas Tipo 1

A parcela tipo 1 é aquela comum, tratada em muitos casos como o lote, o terreno, a gleba, uma extensão de terra, entre tantas outras, mas associada inequivocamente à superfície territorial. De acordo com o Decreto 8764/2016 (BRASIL, 2016) que instituiu o SINTER, as parcelas “são as unidades do cadastro que identificam áreas com regime jurídico distinto” (grifo nosso).

A expressão regime jurídico distinto parece ter sido adaptada a partir da tese de doutorado de Brandão (2003), na qual aparecia como regime jurídico único. Posteriormente, o Ministério das Cidades, com a publicação das Diretrizes para o Cadastro Territorial, através da Portaria 511/2009 (BRASIL, 2009), também utilizou e ajudou a divulgar a mesma expressão original: regime jurídico único. No nosso entendimento, a parcela corresponde a uma parte contínua (e não contígua como aparece no texto da portaria) da superfície terrestre com regime jurídico único. Adaptando o exposto por Brandão (2003) se compreende que a expressão regime jurídico único se aplica à parcela segundo um conjunto de características, quais sejam: a continuidade espacial, a unicidade dominial, a mesma situação jurídica (imóvel registrado ou não), a mesma situação administrativa-política (estado, município). Se uma destas características se modificar, modifica-se a parcela.

Rezende (2017) apresenta uma compilação do artigo de Santos et. al (2013), no qual foram exploradas as definições de parcela em diferentes países europeus, entre eles alguns dos que tem os sistemas cadastrais mais sedimentados que se conhece. Em todas as definições de parcela apresentadas, a parcela aparece associada à superfície terrestre. Apenas no caso do cadastro na Grécia, esta definição é ampliada para o subsolo e o espaço aéreo, mas de forma prismática (portanto, associada à parcela territorial) e não volumétrica (PAPAEFTHYMIU et al., 2004). Entende-se aqui que estas definições são aplicadas todas à parcela tipo 1 que está, portanto, necessariamente associada à superfície terrestre.

A definição dos limites de parcelas acontece através da determinação das coordenadas de seus vértices. É pela determinação de tais coordenadas que outros valores são derivados, como as dimensões e azimutes dos lados e a área da parcela. Definir limites de parcelas em campo é uma tarefa que demanda certa complexidade devido à grande variação de situações possíveis relativamente à forma como o território foi sendo ocupado e como estes limites se consolidaram. Há situações nas quais o limite entre duas parcelas está no alinhamento médio de um muro, ou está de um dos lados, outras vezes não é possível medir diretamente o ponto, seja pela presença de obstáculos ou pela inacessibilidade ao limite em si, e a solução deve vir por métodos indiretos de geometria analítica ou outros.

As coordenadas dos vértices das parcelas cumprem o papel de definir a forma e a localização destas unidades do Cadastro, e, como consequência, compõem também o conjunto do regime jurídico associando-lhe direitos, deveres e restrições. Para as parcelas do tipo 1, a componente vertical das coordenadas não acrescentam valor ao papel de definição de forma e localização das parcelas, já que seus limites estão dispostos na extensão do solo (REZENDE, 2017). A exigência de que a parcela tipo 1 seja definida com coordenadas tridimensionais não encontra sustentação nem do ponto de vista teórico (relativo à própria definição do termo parcela, associada à superfície terrestre), nem do ponto de vista prático (relativo às questões da definição dos limites das parcelas em campo). As situações indicadas no parágrafo anterior evidenciam a não necessidade ou mesmo a impossibilidade de inserir a componente vertical entre as coordenadas da parcela.

Para ilustrar o exposto, se o limite da parcela estiver definido no alinhamento médio de um muro ou em outra estrutura edificada e for medido fora do nível da superfície topográfica, a componente vertical em nada acrescenta na definição dos limites da parcela. Apenas as coordenadas planimétricas são necessárias. Caso haja a presença de obstáculos à frente do vértice ou caso este seja inacessível, a determinação de suas coordenadas poderá ser resolvida por métodos de geometria analítica, os quais não incluem a componente vertical.

Ademais, nota-se nos diversos seminários promovidos sobre o assunto pelo Brasil uma expectativa de que a inserção de coordenadas tridimensionais no Cadastro possa vir a subsidiar outras áreas, atendendo às multifinalidades previstas. Inicialmente, faz-se necessário atentar que a multifinalidade prevista para o Cadastro está na possibilidade de que a base cadastral composta de parcelas possa ser utilizada por mais de um usuário/setor da administração. Esta função é cumprida, sobretudo, pelo fato de que a base cadastral reflete o que está nos registros, e vice-versa, sendo única nesse sentido. Isto não significa que não haja outras bases de dados, mas que em sendo a base cadastral composta tão somente de parcelas – e sendo estas as menores unidades cadastrais – outras bases de dados deverão se apoiar sobre ela, porém versando sobre temas específicos, conforme a sua natureza, utilidade ou necessidade.

A informação da componente vertical dos vértices das parcelas tipo 1 não pode nem deve ser utilizada para, por exemplo, a geração de modelos digitais de elevação. Se nem sempre a determinação das coordenadas dos vértices pode ser realizada ao nível da superfície terrestre, que modelo digital seria gerado? Um modelo com pontos ao nível do terreno e outros acima ou abaixo deste não estaria modelando a superfície terrestre nem outra de interesse para qualquer área da gestão municipal. Não seria um modelo digital de terreno, nem um modelo digital de superfície. Além do mais, os vértices da parcela são uma discretização da realidade tridimensional sob um aspecto em particular: servir de subsídio para registrar direitos, deveres e restrições correlacionados a uma determinada extensão territorial. No interior de uma parcela é possível haver muitos outros pontos com componente vertical muito acima ou muito abaixo dos vértices que não são contemplados nos levantamentos, exatamente pelo fato de que o objetivo no levantamento cadastral não é modelar tridimensionalmente as elevações do terreno.

Poder-se-ia especular, então, que ao final do levantamento cadastral da parcela, fosse aplicada uma espécie de filtro para que resultassem apenas os vértices cuja componente vertical houvesse sido obtida junto à superfície terrestre. O conjunto continuaria sendo pobre para uma modelagem satisfatória, entretanto, outra questão se levanta: em qual superfície de referência vertical esta componente foi obtida? O elipsoide ou o geoide? Se o interesse, ou expectativa, for de que a informação tridimensional das parcelas venha a subsidiar outras aplicações como obras de engenharia, ou mapas de declividade, ou estudos relacionados à inundação, a superfície de referência não pode ser o elipsoide, já que este é uma superfície geométrica conceitual sem um sentido físico.

Muito embora, atualmente seja muito mais simples de se obter devido ao avanço das técnicas de posicionamento por satélite, as altitudes geométricas relativas ao elipsoide não se prestam às aplicações supracitadas. Se a superfície de referência a ser utilizada for o geoide, ou se trata de levantamentos de alta precisão para a determinação das coordenadas dos vértices das parcelas (o que encarece sobremaneira os levantamentos cadastrais) ou se realiza uma transformação da altitude geométrica para a ortométrica sobre o modelo geoidal em vigor, com a sua respectiva precisão. Em todos os casos citados a componente vertical está definitivamente comprometida.

Para as parcelas tipo 1, o modelo mais adequado parece ser, então, o de mantê-las como parcelas territoriais, já que a componente vertical que se lhe pretendem associar no delineamento do SINTER é desnecessária e implica numa complexidade que não apresenta vantagens nem do ponto de vista prático nem do ponto de vista de gestão cadastral.

6.5.2 A componente vertical nas parcelas tipos 2 e 3

A parcela tipo 2, correspondendo às unidades autônomas dos condomínios, são os apartamentos, as salas comerciais, as vagas de garagem, as áreas comuns, os depósitos particulares, entre outros, com volume físico mensurável possuídos por pessoa física ou jurídica. A parcela tipo 3 é associada a um tipo específico de ocorrência territorial, tratado implicitamente no art. 21 do Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257/2001 (BRASIL, 2001), e explicitamente na Medida Provisória 759/2016 (BRASIL, 2016), intitulado “direito de laje”. Na parcela tipo 2, o proprietário ou possuidor dispõe de fração ideal do terreno; no tipo 3, não. Conforme as definições apresentadas, a natureza física destes tipos de parcelas em relação ao terreno é tridimensional, já que foi utilizada a terminologia “volume físico mensurável” junto às suas caracterizações. As parcelas tipos 2 e 3 tendo associadas aos seus limites a componente vertical possuem, de alguma forma, direitos, restrições ou responsabilidades que se definem num espaço tridimensional, não ocorrendo fora deste. É o caso, por exemplo, de uma unidade autônoma (seja apartamento, loja, construção sobre laje ou outros) sobre a qual é exercida a dominialidade intrinsecamente a um determinado “volume”, e não fora deste.

Entretanto, pode-se abordar a existência das parcelas tipos 2 e 3 sob outro ponto de vista e não enquadrar estas unidades autônomas como parcelas, mas como objetos territoriais físicos. Conforme abordado no capítulo 2, a definição de Cadastro presente no documento Cadastro 2014, com a inserção dos conceitos de objetos territoriais é abrangente o suficiente para absorver as diferentes situações sobre as quais haja homogeneidade de direitos em determinadas partes contínuas do território ou acima/abaixo deste.

Araújo (2015) destaca que a complexidade do modelo Cadastral 3D completo se estende não somente aos aspectos técnicos envolvidos, tais como a coleta, processamento, armazenamento, representação e visualização de dados, mas também dos aspectos legais, ou seja, referentes ao ordenamento jurídico. Carneiro (2009) também aborda estas questões ao afirmar que o desenvolvimento de um Cadastro 3D envolve de um lado a resolução de problemas técnicos, tecnológicos e geodésicos e, de outro lado, a resolução de aspectos legais. Do ponto de vista científico e tecnológico, o principal desafio consiste na aquisição, processamento e gerenciamento dos dados tridimensionais. A terceira dimensão, que não aparece nos atuais modelos de representação cadastral bidimensional, carece do desenvolvimento de modelos capazes de gerenciar informações relativas à subsuperfície e sobresuperfície e conectá-las às informações já existentes da superfície.

A experiência internacional indica que a inserção da terceira dimensão em um sistema cadastral requer mudanças significativas na legislação na maioria dos países. A literatura científica apresenta algumas alternativas que têm sido adotadas em diversos países e que variam desde soluções mais simples, nas quais ao lado dos direitos e restrições de uso na superfície é adicionada uma nova camada que trata dos mesmos direitos e restrições de uso para as situações complexas (uma espécie de extensão do modelo parcelar 2D), até soluções bastante complexas, nas quais os objetos passam a ser modelados em 3D numa concepção de parcelas volumétricas, havendo ainda entre os dois casos soluções híbridas e intermediárias (Oosterom et al., 2004). Sobre o aspecto técnico e tecnológico, da topologia e da geometria de objetos cadastrais 3D, Peres e Benhamu (2009) apresentam relevantes considerações.

Há ainda que se considerar, em todo este contexto, os conceitos de Cadastro 3D e 2.5D apresentados pela Comissão 7 da FIG e seus desdobramentos e aplicabilidade à realidade cadastral local. As soluções para superar os problemas que surgem durante o registro da propriedade em unidades 3D no registro

cadastral dependem do sistema jurídico nacional e do estado da arte do sistema cadastral no país específico (STOTER, 2004; OOSTEROM, et al., 2004).

Conforme demonstrado também anteriormente, a literatura internacional aponta que os modelos cadastrais tem se sedimentado ao redor do mundo de maneira progressiva. Neste sentido de construção de um modelo cadastral nacional crescente em complexidade, uma alternativa viável ao ordenamento jurídico brasileiro, a fim de incorporar as parcelas tipos 2 e 3, seria a adoção de um modelo híbrido de Cadastro no qual se mantivesse apenas as parcelas tipo 1 (territoriais) na base cadastral como parcelas e que as unidades autônomas (tipos 2 e 3) fossem classificadas como objetos territoriais físicos, sem ganhar o status de parcelas, mas aparecendo associadas à uma parcela territorial. As Figuras 4 e 5 exemplificam o exposto. Desta forma, a natureza geométrica e jurídica de cada uma seria mantida (territorial para o tipo 1 e tridimensional para os tipos 2 e 3), mas não se tentaria a implantação definitiva de um modelo de Cadastro 3D completo, na conceituação internacional, com todas as parcelas da base sendo volumétricas.

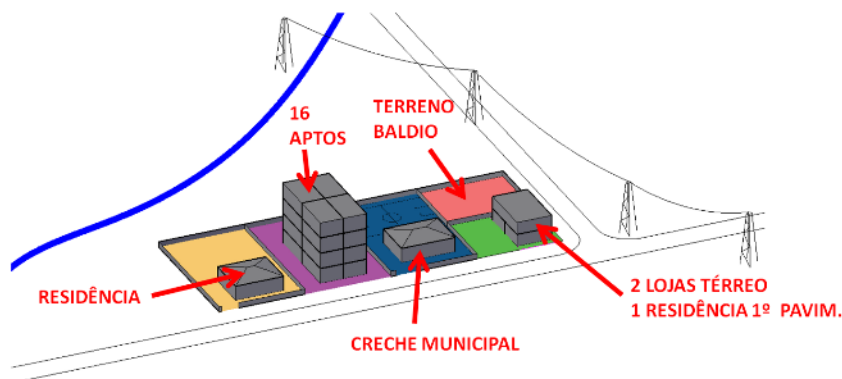


Figura 4 – Exemplo de ocupação territorial

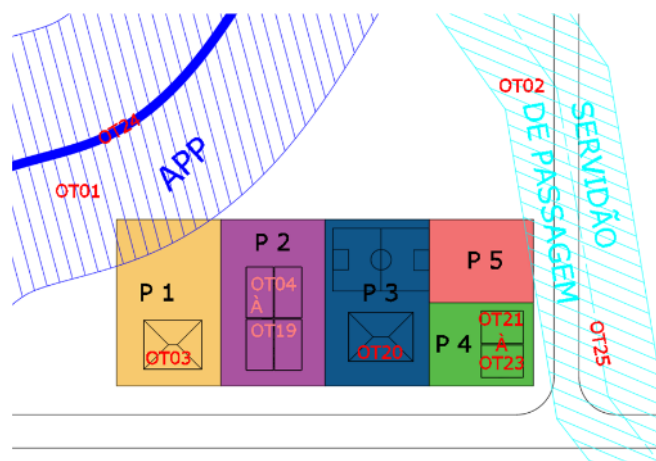


Figura 5 – Parcelas territoriais (letra P), Objetos Territoriais Legais e Físicos definidos (letra OT).

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Nos últimos anos, pesquisadores da área de Cadastro e agências que se ocupam de gerir dados cadastrais ao redor do mundo têm realizado esforços num movimento em direção à multidimensionalidade cadastral. Tal mudança só se tornou possível dentro de uma realidade conduzida por dois vetores determinantes. O primeiro vetor é de natureza tecnológica e diz respeito ao fato de as tarefas de coleta, processamento, armazenamento e representação de dados espaciais terem se tornado passíveis de execução em grande volume e em curto espaço de tempo incluindo a terceira dimensão – o que era bastante custoso ou mesmo impossível até poucos anos atrás. O segundo vetor é de natureza antrópica sobre o próprio território e diz respeito ao adensamento cada vez maior das ocupações urbanas, o que conduz ao uso intensivo e complexo de espaços sobre e sob a superfície terrestre. Como o Cadastro desde início teve seus princípios apoiados na representação de parcelas do território em duas dimensões, vê-se agora forçado a uma mudança de paradigma para incorporar a terceira dimensão. Ao Cadastro, permanecer exclusivamente bidimensional significa um duplo equívoco: deixar escapar a possibilidade de se beneficiar do primeiro vetor e deixar de atender ao segundo.

Tal afirmação não significa, entretanto, que se pretenda abandonar os avanços na área cadastral que se consolidaram internacionalmente, até então, em duas dimensões. Países como o Brasil, que sequer adotaram formalmente um modelo cadastral, em muito se beneficiariam com a organização de suas

informações cadastrais de forma tradicional, interligadas com o registro, segmentadas em parcelas territoriais, definidas pelas coordenadas de seus vértices, com identificação inequívoca, representadas em cartas cadastrais sistematicamente ordenadas, etc. Todavia, mesmo sem a estruturação nacional de um Cadastro territorial unificado (urbano e rural) e completo (contíguo), é possível perceber uma diversidade de situações nas quais o registro em duas dimensões por si só será insuficiente para representa-las adequadamente e outras em que há benefícios diretos na inserção da terceira dimensão.

Em linhas gerais, nenhum país abandonou as suas estruturas cadastrais bidimensionais, já que elas respondem de maneira adequada a uma larga porção das ocorrências, mas muitos países adentraram a um período de transição entre estas estruturas tradicionais e novas estruturas que permitam tratar melhor os casos citados nesta pesquisa. Como as discussões sobre materializar um Cadastro 3D são muito recentes há uma variedade de possibilidades conceituais em discussão.

Avaliando a literatura internacional, percebe-se que o conceito de Cadastro 3D corresponde ainda a modelos, que não está totalmente sedimentado (mesmo nos países mais avançados no assunto) e que, ainda, aponta em direções diferentes. Uma primeira direção preza pela manutenção da estrutura bidimensional em toda a extensão do território, mas modela as edificações em 3D com o auxílio de modernas tecnologias de posicionamento para criar cenários urbanos ou permitir análises mais precisas sobre problemas relacionados à ocupação nas cidades. Outra prevê a manutenção da estrutura cadastral bidimensional à qual se interligam casos pontuais tridimensionais relacionados ao direito de propriedade quando há sobreposição de parcelas espaciais. Em ambos os cenários, o conceito de Cadastro 3D é hierarquicamente inferior ao 2D, já que deriva deste último e compõe uma espécie de camada ou de tema associado ao Cadastro territorial. Este parece ser um caminho natural que muitos países têm seguido para permitir que convivam as estruturas bi e tridimensional no Cadastro – que se aplicaria com maior facilidade ao cenário brasileiro.

Assim, com vistas à contribuição acerca da conceituação dos tipos de parcelas no SINTER e às discussões sobre a adoção de um modelo cadastral para o Brasil, e considerando que:

- i. Métodos de posicionamento comumente utilizados em levantamentos cadastrais para determinação de coordenadas de vértices de limite, como os analíticos, possuem limitações em relação à componente vertical;
- ii. A associação da componente vertical aos vértices de limite das parcelas territoriais não lhes confere nenhum tipo de direito, de restrição ou de responsabilidade diferentes da não associação;
- iii. A componente vertical dos vértices de limite das parcelas territoriais, não podendo ser sempre determinada nem podendo ser sempre medida ao nível do terreno, não será útil para a elaboração de modelos digitais de terreno ou de elevação;
- iv. A natureza das denominadas parcelas tipo 1 é essencialmente territorial;
- v. A natureza das denominadas parcelas tipos 2 e 3 é essencialmente tridimensional;
- vi. A adoção de um modelo híbrido de transição entre o Cadastro 2D e 3D é a solução apontada na literatura internacional como adequada a países em situação semelhante à nossa; e,
- vii. A definição dos conceitos e modelos cadastrais a serem adotados influenciarão todas as demais atividades, desde a elaboração de manuais de atuação profissional para a coleta de dados até a atividade registral e cartorária.

Recomenda-se que no SINTER:

- As parcelas tipo 1 permaneçam na base cadastral como parcelas bidimensionais exclusivamente; e,
- As parcelas tipos 2 e 3 permaneçam na base cadastral como objetos territoriais físicos exclusivamente.

6.7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.L. de. **Cadastro 3D no Brasil a partir de varredura a laser**. 2015. Tese. Florianópolis: UFSC, 2015. 155p.

BRANDÃO, A. C. **O princípio da vizinhança geodésica no levantamento cadastral de parcelas territoriais**. 2003. Tese. Florianópolis: UFSC, 2003. 128p.

BRASIL. **Decreto Nº 8.764, de 10 de maio de 2016**. Disponível em < <https://goo.gl/8itd61>>. Acessado em julho de 2018.

_____. **Medida Provisória Nº 759/2016, de 22 de dezembro de 2016.** Disponível em < <https://goo.gl/cio5Ee>>. Acessado em julho de 2018.

_____. **Ministério das Cidades. Portaria Ministerial Nº 8.764, de 8 de dezembro de 2009.** Disponível em < <https://goo.gl/XPsj9G>>. Acessado em julho de 2018.

_____. **Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001.** Disponível em < <https://goo.gl/a9z432>>. Acessado em julho de 2018.

CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro 3D.** Mundo Geo - Multifinalitário, 8 de abril de 2009. Disponível em: < <https://goo.gl/PZR3XD>>. Acessado em agosto de 2018.

CARNEIRO, A. F. T.; ERBA, D. A.; AUGUSTO, E. A. A. **Preliminary Analysis of the Possibilities for the Implementation of 3D Cadastre in Brazil.** 2nd International Workshop on 3D Cadastres. Delft: FIG. 2011. p. 461-478.

_____. **Cadastro multifinalitário 3D: conceitos e perspectivas de implantação no Brasil.** Revista Brasileira de Cartografia, Curitiba, 64, n. 2, 2012. 257-271.

KAUFMANN, J.; STEUDLER, D. **Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system.** 1a. ed. Rüdlingen: FIG - Federação Internacional de Geômetras, v. 1, 1998.

OOSTEROM, P. V.; STOTER, J.; CHRISTIAAN, L. **Modelling of 3D Cadastral Systems.** 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.100.5243>>. Acessado em julho de 2018.

PAPAEFTHYMIU, M.; LABROPOULOS, T.; ZENTELIS, P. **3-D Cadastre in Greece – Legal, Physical and Practical Issues Application on Santorini Island.** FIG Working Week 2004. Atenas: FIG. 2004. p. 1-16.

PERES, N.; BENHAMU, M. **3D Cadastre GIS – Geometry, Topology and Other Technical Considerations.** FIG Working Week 2009. Eilat: FIG. 2009. p. 1-14.

PLOEGER, H. D.; STOTER, J. E. **Cadastral Registration of Cross-Boundary Infrastructure Objects.** FIG Working Week 2004. Atenas: FIG, 2004. p. 1-18.

REZENDE, L.O.R. **Conceito de Parcela no SINTER.** Brasília: RFB, 2017. 24p.

SANTOS, J.C.; FARIAS, E.S. de; CARNEIRO, A.F.T. **Análise da parcela como unidade territorial do cadastro urbano brasileiro.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 19, no 4, p.574-587, out-dez, 2013.

STOTER, J. **3D Cadastre.** Delft: Technische Universiteit, 2004. 344p.

STOTER, J. E. et al. **Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries.** FIG Working Week 2004. Atenas: FIG, 2004. p. 1-27.

7 CONSIDERAÇÕES SOBRE GEORREFERENCIAMENTO E CERTIFICAÇÃO DE IMÓVEIS RURAIS

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

7.1 GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS

7.1.1 O que é o georreferenciamento de imóveis?

Georreferenciamento de imóveis é o processo de determinação da posição do imóvel através da determinação das coordenadas geodésicas de seus limites, que até o presente momento só possui normativas para área rural.

7.1.2 Por que georreferenciar?

- Identificar perfeitamente os vértices de um imóvel rural
- Garantir a justaposição entre imóveis evitando a sobreposição e divergências de divisas
- Reduzir discussões judiciais sobre questões territoriais
- Garantir que a titulação das propriedades reflitam a posse efetiva
- Impedir a grilagem de terras.

7.1.3 Legislação e prazos para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais

O georreferenciamento de imóveis rurais tem amparo legal na Lei 10.267/2001 e no Decreto 4449/2002. A legislação instituiu o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais e o georreferenciamento possibilita o proprietário a aquisição do Certificado de Cadastro de Imóveis Rurais – CCIR.

Outros dois decretos foram publicados estendendo os prazos em relação às áreas dos imóveis (Decreto 5570/2005 e Decreto 7620/2011).

A Lei 4.504/1964 e Lei 8.629/1993 definem o imóvel rural como sendo “prédio rústico de área contínua, qualquer que seja a sua localização, que se destine ou possa se destinar à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial”

Consideram-se como um único imóvel rural duas ou mais áreas confinantes, pertencentes ao mesmo proprietário, mesmo estando em zona urbana, com interrupções físicas de cursos d’água, estradas ou outro acidente geográfico, desde que seja mantida a unidade econômica, ativa ou potencial.

Para a Lei 6.015/1973 “cada imóvel terá matrícula própria, que será aberta por ocasião do primeiro registro a ser feito na vigência desta Lei” (...) “a identificação do imóvel, que será feita com indicação: (...) - se rural, do código do imóvel, dos dados constantes do CCIR (Certificado de Cadastro de Imóvel Rural), da denominação e de suas características, confrontações, localização e área”.

Conforme a Lei nº 10.267, de 28/08/2001: “Nos casos de desmembramento, parcelamento ou remembramento de imóveis rurais, a identificação será obtida a partir de memorial descritivo, assinado por profissional habilitado e com a devida ART, contendo as coordenadas dos vértices definidores dos limites dos imóveis rurais, georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e com precisão posicional a ser fixada pelo INCRA” (...) “tornar-se-á obrigatória para efetivação de registro, em qualquer situação de transferência de imóvel rural”.

No Decreto 4.449/2002 no Art. 10 está colocado o seguinte:

Art. 10. A identificação da área do imóvel rural, prevista nos §§ 3o e 4o do art. 176 da Lei no 6.015, de 1973, será exigida nos casos de desmembramento, parcelamento, remembramento e em qualquer situação de transferência de imóvel rural, na forma do art. 9o, somente após transcorridos os seguintes prazos: (Redação dada pelo Decreto no 5.570, de 2005)

Os decretos N° 4.449/2002, 5.570/2005, 7.620/2011 e 9.311/18 estabelecem os seguintes prazos (Tabela 1):

Tabela 1 – Prazos para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais

ÁREA DO IMÓVEL	DATA LIMITE DA CARÊNCIA
Acima de 5000 ha	20/02/2004
Acima de 1000 ha	20/11/2004
Acima de 500 ha	20/11/2008
Acima de 250 ha	20/11/2013
Acima de 100 ha	20/11/2018
Acima de 25 ha	20/11/2023
Inferior a 25 ha	20/11/2025

7.1.4 Norma técnica e procedimentos

O INCRA é o órgão responsável por publicar a norma técnica para o Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Atualmente estamos na terceira edição da norma técnica e a mesma aponta para dois manuais técnicos: Manual de Limites e Confrontações e Manual de Posicionamento. Além disso no site do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF – sigef.incra.gov.br) tem-se o Manual do SIGEF que orienta preenchimento da planilha entre outros fatores para certificar o imóvel.

7.1.5 Certificação dos imóveis

O INCRA é o órgão certificador do posicionamento do imóvel rural, sendo que nesse processo fica garantido que não haja sobreposição de imóveis certificados. É válido lembrar que sobreposição com demais títulos podem ocorrer, portanto o INCRA certifica se existe inconsistências entre os imóveis certificados ou com seu banco de dados. A responsabilidade pela qualidade dos dados e pelas coordenadas dos vértices dos imóveis é do técnico responsável pelo trabalho. O INCRA não é fiscalizador e não confere os dados fornecidos para certificação.

7.1.6 Registro de imóveis

Os dados dos imóveis georreferenciados e certificados serão levados a registro por requisição do proprietário. Um imóvel imediatamente certificado não significa que o Registro está atualizado.

Segundo Decreto 4.449/2002 Art.9:

§ 5o O memorial descritivo, que de qualquer modo possa alterar o registro, resultará numa nova matrícula com encerramento da matrícula anterior no serviço de registro de imóveis competente, mediante requerimento do interessado, contendo declaração firmada sob pena de responsabilidade civil e criminal, com firma reconhecida, de que foram respeitados os direitos dos confrontantes, acompanhado certificação prevista no § 1o deste artigo, do CCIR e da prova de quitação do ITR dos últimos cinco exercícios, quando for o caso. (Redação dada pelo Decreto no 5.570, de 2005).

§ 6o A documentação prevista no § 5o deverá ser acompanhada de declaração expressa dos confinantes de que os limites divisórios foram respeitados, com suas respectivas firmas reconhecidas.

7.1.7 Peça Técnica

Deve ser enviado ao INCRA a tabela em formato .ODS preenchida corretamente em todas as abas. Depois de certificado o imóvel, a planta e o memorial descritivo serão fornecidos pelo Sistema de Gestão Fundiária-SIGEF e levados a registro quando necessário.

Para a certificação do imóvel não se faz necessário obter assinatura dos confrontantes. No entanto, é importante que o confrontante concorde com o marco de limite e para isso pode-se elaborar uma carta de anuência de declaração de limites conforme modelo da Figura 1.

Declaração de Reconhecimento de Limite

Dados do proprietário

Eu,, Cédula de Identidade RG
, CPF nº....., Proprietário do imóvel rural
 denominado, matrícula Nº....., Livro....., fls.....
 ,CRI..... código do imóvel
INCRA....., e,

Dados do confrontante

Eu....., Cédula de Identidade RG nº.
, CPF nº., proprietário do imóvel rural denominado
, matrícula, código do imóvel no
INCRA.....

Declaramos não existir nenhuma disputa ou discordância sobre os limites comuns
 existentes entre os citados imóveis, estando o trecho localizado entre os vértices

Colocar os códigos dos vértices

Declaramos ainda que o profissional Credenciado
, CREA:..... / CPF nº.
 credenciado pelo INCRA sob o código, com a emissão do
Termo (ou Registro ou Anotação) de Responsabilidade Técnica - TRT (ou RRT ou ART) nº.,
 nos indicou as demarcações do limites entre as nossas propriedades, tanto no campo, como na sua
 representação gráfica.

Concordamos com essa demarcação, expressa na planta e no memorial descritivo.

..... de..... de

Proprietário

CPF:.....

Confrontante

CPF:.....

Credenciado como testemunha:

Credenciado do INCRA.

CPF nº.....

CREA nº.

Código do credenciado:

Técnico Credenciado

Figura 2 – Exemplo de Declaração de Reconhecimento de Limite

7.1.8 Planilha em formato .ODS

É necessária atenção quanto ao confrontante a ser preenchido em cada vértice (Figura 3). O confrontante diz respeito ao limite, ou seja, ao segmento de reta entre dois vértices. Desta forma, o confrontante a ser preenchido em cada vértice na planilha é relativo ao segmento de reta entre o vértice em questão e o próximo vértice de divisa, no sentido horário, conforme o padrão de memorial descritivo gerado pelo SIGEF.

Vértice	E Long	Sigma Long	N Lat	Sigma Lat	h	Sigma h	Método Posicionamento	Tipo Limite	Confrontante		
									CNS	Matrícula	Descritivo
IKQ-P-001	49 24 24,97 W	0,035	28 35 0,83 S	0,031	151,382	0,055	PG6	LA1	10440-6	5200	FAZENDA AGRIMENSURA
IKQ-M-002	49 24 18,16 W	0,022	28 35 8,16 S	0,034	189,647	0,047	PG2	LA1	10440-6	16409	FAZENDA GEODESIA
IKQ-M-003	49 24 41,02 W	0,050	28 35 22,89 S	0,050	210,324	0,057	PT5	LA1	10440-6	16409	FAZENDA GEODESIA
IKQ-M-004	49 24 40,02 W	0,029	28 35 32,95 S	0,028	254,121	0,042	PT5	LA3			SC-444
IKQ-M-005	49 24 47,34 W	0,032	28 35 30,99 S	0,024	241,982	0,062	PT5	LA1	10440-5	7173	FAZENDA GNSS
IKQ-P-006	49 24 47,66 W	0,029	28 35 27,22 S	0,040	231,494	0,063	PG2	LA1	10440-6	7114	FAZENDA CTO
IKQ-P-007	49 24 48,79 W	0,035	28 35 12,78 S	0,031	149,638	0,059	PG6	LN1			RIACHO VELHO
IKQ-P-008	49 24 41,57 W	0,035	28 35 10,74 S	0,041	148,512	0,056	PG6	LN1			RIACHO VELHO
IKQ-P-009	49 24 37,09 W	0,044	28 35 5,49 S	0,042	148,911	0,065	PG6	LN1			RIACHO VELHO
IKQ-P-010	49 24 30,64 W	0,039	28 35 3,69 S	0,038	147,382	0,051	PG6	LN1			RIACHO VELHO

Figura 3 – Exemplo de planilha .ODS

7.1.8.1 Validação da planilha

A planilha deve ser validada, o INCRA disponibiliza um arquivo que instala uma extensão de validação no Libre Office e está disponível em <https://sigef.incra.gov.br/> na aba de Documentos e EXTENSÃO SIGEF (OXT). O arquivo deve ser baixado e executado em seu computador, depois disso o Libre Office terá uma aba no menu chamada SIGEF > VALIDAÇÃO. Esse processo de validação identifica possíveis erros de preenchimento.

7.1.8.2 O que Enviar ao Cartório?

Depois da certificação do imóvel no INCRA o proprietário pode levar a registro e averbar as coordenadas ou até mesmo proceder como uma retificação de imóveis quando for o caso.

Os desmembramentos e unificações também podem ser realizados primeiramente no INCRA informando a parcela que se deseja desmembrar, depois de certificado o imóvel o proprietário leva a registros (ver manual de limites e confrontações).

No momento do registro e dependendo da finalidade será necessária a assinatura do confrontante, caso gerar alguma dúvida vale recordar o confrontante que os limites já foram acordados inclusive com a Declaração de Limites assinada no passado.

7.1.8.3 Para onde irão os documentos?

Quando levado a registro as plantas e memoriais devem ser assinadas pelo proprietário, técnico e confrontantes, quando necessário, e as mesmas farão parte do processo no Cartório de Registro de Imóveis.

Toda documentação deve ser guardada pelo profissional responsável, croquis, tabelas, dados brutos etc, conforme Manual Técnico de Limites e Confrontações.

7.1.9 Precisão e tolerâncias dos vértices e tipos de vértices

Os manuais técnicos de posicionamento e de limites e confrontações apresentam as precisões para os vértices e as mesmas variam de acordo com o tipo de vértice, no entanto a terceira edição da norma técnica não coloca os valores de tolerância para as coordenadas dos vértices.

Portanto, neste material didático sugerimos aos profissionais adotarem os parâmetros de teoria dos erros e o que a segunda edição da norma técnica do INCRA deixava claro, de que a tolerância posicional do vértice do imóvel deve ser de três vezes a precisão exigida no levantamento. Sendo assim:

Tabela 2 – Precisão e tolerâncias para os tipos de limites de imóveis rurais

Tipo de limite	Precisão	Tolerância
Limite artificial	± 0,50 m	± 1,50 m
Limite natural	± 3,00 m	± 9,00 m*
Limite inacessível	± 7,50 m	± 22,50 m*

(*) Os limites do tipo natural e inacessível não possui demarcação física, sendo impossível medir o mesmo ponto

Para que seja possível comparar as coordenadas levantadas em campo com as coordenadas homologadas deve-se obter as discrepâncias em valores métricos, sendo assim deve-se tomar cuidado em comparar somente os valores numéricos das coordenadas geodésicas. A forma correta é converter de coordenadas geodésicas para coordenadas planas.

~~Latitude -27 03 30,4456 – -27 03 30,4499 = 0,0043m~~
~~Longitude -48 02 02,3342 – -48 02 02,3444 = 0,0102m~~

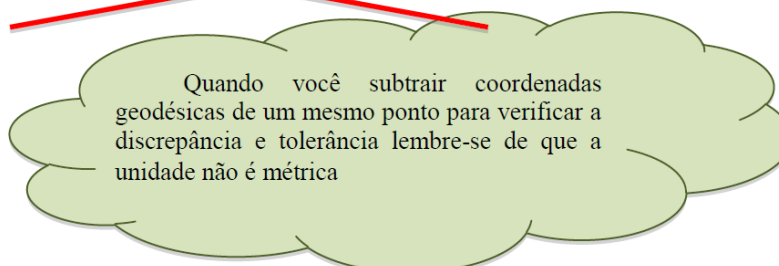


Figura 4 – Recomendação para comparação de coordenadas planas.

Deve-se, portanto, converter de geodésicas para UTM ou Coordenadas Topográficas e depois aplicar as fórmulas para saber a distância entre os pontos na unidade métrica:

$$\sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2}$$

ou

$$\sqrt{(E2 - E1)^2 + (N2 - N1)^2} \quad (1)$$

Sendo X e Y os valores de coordenadas topográficas do vértice e E e N as os valores de coordenadas UTM.

7.1.9.1 Códigos dos vértices

Os códigos dos vértices estão previstos na norma técnica, no entanto o profissional pode tomar algumas decisões para se organizar e atender à exigência principal de que nenhum vértice tenha nome de outro vértice. Considerando que o profissional tem seu código de credenciamento ABCD, pergunta-se, esses códigos de vértice são iguais?

ABCDM1
ABCDM001
ABCDM0001
ABCDM00001

Esses códigos não são os mesmos, pois a norma técnica não orienta de como codificar a parte numérica do código do vértice do imóvel, sendo assim, o profissional deve adotar um critério para não ocorrer dúvidas e problemas.

7.1.9.2 Como proceder na comparação de coordenadas com vértice vizinho certificado

Quando um imóvel já está certificado o imóvel vizinho que for realizar o levantamento deve respeitar a demarcação e a codificação do vértice, no entanto é importante que se realize a medição para comparação da posição da coordenada certificada e a de seu levantamento, caso estiver dentro da tolerância deve-se aceitar os valores das coordenadas e codificação do vértice do imóvel certificado.

Caso a comparação se encontrar fora da tolerância o profissional deverá preencher a planilha do SIGEF com a codificação existente na certificação do confrontante, mas deve colocar os seus valores de coordenadas. Isso irá gerar uma inconsistência no Sistema e provocará a retificação da coordenada errada.

Quando for realizado um desmembramento de um imóvel que confronta como outro imóvel certificado o procedimento correto é retificar a certificação do imóvel certificado junto ao INCRA, o técnico deve fazer uma ART para este serviço e incluir na planilha os vértices que alteraram o perímetro. Ver manual de confrontações.

7.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988 Brasília, DF: Presidência da República, [2020].. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 jun 2020.

_____. **Decreto Nº 4.449 de 30 de outubro de 2002. Regulamenta a Lei no 10.267, de 28 de agosto de 2001, que 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; e 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e dá outras providências**. Brasília, 2002.

_____. **Decreto Nº 5.570 de 30 de outubro de 2005. Dá nova redação a dispositivos do Decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002, e dá outras providências**. Brasília, 2005.

_____. **Decreto Nº 7.620 de 21 de novembro de 2011. Altera o art. 10 do Decreto nº 4.449, de 30 de outubro de 2002, que regulamenta a Lei nº 10.267, de 28 de agosto de 2001**. Brasília, 2011.

_____. Decreto Nº 9.311 de 15 de março de 2018. Regulamenta a Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e a Lei nº 13.001, de 20 de junho de 2014, para dispor sobre o processo de seleção, permanência e titulação das famílias beneficiárias do Programa Nacional de Reforma Agrária. Brasília, 2018.

_____. Lei Federal Nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1964.

_____. Lei Federal Nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1973.

_____. Lei Federal Nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Brasília, DF: Presidência da República, 1993.

_____. Lei Federal 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. Brasília, DF: Presidência da República, [2001]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10267.htm. Acesso em: 20 jun 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Limites e Confrontações: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília:INCRA, 2013a. 27p.

_____. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. Brasília:INCRA, 2013b. 37p.

_____. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: INCRA, 2013c. 4p.

8 FRAGILIDADES DO SIGEF E DA 3ª EDIÇÃO DA NTGIR: LIÇÕES DE CADASTRO PARA O SINTER

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

GUILHERME BRAGHIROLI
guilherme.braghirolli@ifsc.edu.br

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

8.1 Introdução

A terceira edição na Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais – NTGIR (INCRA, 2013c) e a informatização dos processos de certificação das parcelas no Sistema de Gestão Fundiária – SIGEF trouxeram diversos benefícios ao Cadastro Territorial brasileiro. Apesar de ser aplicado somente aos imóveis rurais, o exemplo e os princípios cadastrais adotados podem ser estendidos em parte para as áreas urbanas.

Como benefícios do avanço, pode-se citar a agilidade nos processos de certificação, a padronização nas descrições dos imóveis e parcelas, além de dar ao profissional habilitado a devida responsabilidade do trabalho realizado. Faz-se oportuno lembrar que nas edições anteriores da NTGIR toda a peça técnica era elaborada pelo profissional e conferida pelo INCRA, além dos arquivos brutos das medições e relatório técnico. Atualmente não existe a conferência dos dados técnicos e o memorial descritivo é gerado automaticamente pelo SIGEF, sendo necessário o profissional apenas editar a planta quando for necessário algum processo no Cartório de Registro de Imóveis.

Entretanto, com a informatização e o novo sistema em funcionamento, percebeu-se ao longo do tempo que o SIGEF e a 3ª edição da NTGIR possuem algumas fragilidades a serem aprimoradas para o futuro e a servirem de lição aos cadastros que não se iniciaram.

O SINTER é o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais, criado pelo Decreto N° 8764/2016 com a missão de integrar em um banco de dados espaciais fluxo dinâmico de dados jurídicos produzidos pelos serviços de registros públicos ao fluxo de dados fiscais, cadastrais e geoespaciais de imóveis urbanos e rurais produzidos pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios, sob responsabilidade da Receita Federal do Brasil – RFB (BRASIL, 2016). Conforme instituído no decreto, o SINTER deverá integrar bases de dados relacionadas a imóveis rurais e urbanos. No âmbito rural, o INCRA passará a fornecer sua base cadastral para alimentar o sistema; no âmbito urbano, as prefeituras farão esse papel. Entretanto, na ausência de normativa que oriente o reconhecimento de limites e padrões de precisão e métodos de posicionamento para os imóveis urbanos – a exemplo das publicadas pelo INCRA para os imóveis rurais – o SINTER divulgará manuais para tal finalidade.

O presente artigo visa a apontar algumas fragilidades encontradas no SIGEF e na NTGIR que vão desde os métodos de posicionamento em desuso, passando por problemas no uso do Sistema Geodésico Local para o cálculo de áreas e perímetros até deficiências na planilha utilizada para certificação e presença de vazios cartográficos. Ao apontar tais fragilidades, o artigo tem a intenção de colaborar com as versões futuras da NTGIR, e, ao mesmo tempo, de alertar os elaboradores dos manuais técnicos do SINTER para as lições cadastrais que podem ser aprendidas a partir das experiências anteriores.

8.2 FRAGILIDADES DO SIGEF E DA NTGIR

8.2.1 Adoção do Sistema Geodésico Local – SGL como sistema de projeção

Conforme indicado no Manual Técnico de Posicionamento (INCRA, 2013b), o Sistema Geodésico Local é adotado pela NTGIR para o cálculo de área das parcelas em substituição à projeção UTM adotada anteriormente. A justificativa apresentada para a adoção SGL é que os resultados de área assim obtidos

expressam melhor a realidade física em comparação com o UTM. Uma nota de rodapé no capítulo 9 indica que, para fins do referido manual, são desconsideradas as possíveis distorções acarretadas pela não coincidência entre o plano topográfico da topografia clássica (perpendicular à vertical) e o utilizado no SGL (perpendicular à normal). Na prática significa que o SGL se aproxima de um Plano Topográfico Local – PTL criado exclusivamente para cada parcela certificada. Sabe-se que a projeção no sistema UTM, tendo como uma de suas características a conformidade, preserva as direções, mas deforma as distâncias e, por consequência, as áreas. Esta, entretanto, é uma vantagem apenas relativa, já que a adoção do SGL traz outros inconvenientes.

Inicialmente, pode-se apontar que o primeiro deles é que o SGL é concebido individualmente para cada parcela a partir das coordenadas médias da mesma, ou seja, o ponto de origem do sistema é criado na média das latitudes e longitudes e a altura do plano topográfico, na média das altitudes dos vértices de limite. A partir desta concepção é possível que parcelas lindeiras, possuindo cada uma o seu próprio SGL cheguem a valores lineares de confrontação diferentes, dadas as altitudes diferentes nas quais as reduções de distância serão feitas. Esta inconveniência do SGL aumenta quanto maiores forem as parcelas vizinhas e quanto mais acidentada for a região.

Em decorrência desse efeito, outro problema surge quando do desmembramento ou remembramento de parcelas certificadas, que é o fato de que a soma das áreas não seja igual às partes, o que é vedado sob pena de não se poder efetuar o registro do imóvel. No desmembramento, a soma das áreas das parcelas remanescentes, devidamente descritas em matrículas individuais, deve ser rigorosamente igual ao da matrícula mãe, o que pode ser frustrado pelo fato de se criar na certificação um SGL para cada uma das parcelas desmembradas. Situação semelhante acontecerá no remembramento.

Outro problema advindo da adoção do SGL e recorrente no SIGEF é que em muitos memoriais a soma dos lados não corresponde ao perímetro total do imóvel. Este é um problema que pode ser identificado facilmente com uma busca aleatória no SIGEF. A Figura 1 apresenta um extrato de memorial descritivo de parcela certificada no qual a soma dos lados resulta no valor de 1.816,89m, diferente do valor apresentado de 1.816,88m que foi apresentado pelo SIGEF e deveria ser rigorosamente igual ao anterior.

Área (Sistema Geodésico Local): 11,4919 ha				Coordenadas: Latitude, longit Perímetro (m): 1.816,88 m			
VÉRTICE				DESCRÇÃO DA PARCELA			
Código	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Código	Azimuth	Dist. (m)	
D9Y-M-7445	-62°17'14,584"	-11°39'34,854"	306,58	D9Y-M-7444	181°38'	123,84	LOTE 18D
D9Y-M-7444	-62°17'14,701"	-11°39'38,882"	292,48	D9Y-M-7809	90°22'	400,27	LOTE 18D
D9Y-M-7809	-62°17'01,487"	-11°39'38,968"	295,09	D9Y-M-7810	178°40'	121,38	LOTE 18A
D9Y-M-7810	-62°17'01,395"	-11°39'42,917"	282,54	D9Y-M-7806	269°33'	658,28	LOTE 16
D9Y-M-7806	-62°17'23,127"	-11°39'43,085"	306,23	D9Y-M-7807	357°51'	123,35	LOTE 18C
D9Y-M-7807	-62°17'23,279"	-11°39'39,074"	308,27	D9Y-M-7808	18°22'	4,22	LOTE 18C
D9Y-M-7808	-62°17'23,235"	-11°39'38,943"	308,51	D9Y-M-7804	00°27'	124,49	LOTE 18C
D9Y-M-7804	-62°17'23,203"	-11°39'34,892"	311,2	D9Y-M-7445	89°44'	261,06	LOTE 20B

Figura 1 – Memorial descritivo de parcela certificada no SIGEF. Fonte: www.sigef.gov.br

Parece haver alguma imprecisão nas sucessivas transformações de sistemas até se chegar ao SGL, o que acaba afetando o comprimento dos lados, do perímetro, ou ambos. Com esta divergência entre os lados e o perímetro no memorial gerado pelo SIGEF, o profissional pode encontrar problemas ao tentar registrar o imóvel no cartório. Sugere-se que uma projeção cartográfica adequada seja utilizada e que tal fato seja observado pelos organizadores dos manuais técnicos do SINTER, já que problema semelhante se repetirá em outros cadastros além do rural caso soluções de adoção de planos de projeção isolados para cada parcela sejam adotados, como o SGL.

8.2.2 Vazios Cartográficos

Conforme o disposto na Lei 10.267/2001, e posteriormente ratificado nos decretos regulamentadores e na NTGIR, o SIGEF cuida de observar a sobreposição entre polígonos. A certificação, portanto, é definida como a submissão dos documentos apresentados pelo proprietário e responsável técnico para análise do INCRA com vistas à verificação da existência ou não de sobreposição dos limites de um imóvel com outro procurando inviabilizar a existência de camadas documentais sobre um mesmo espaço geográfico. Entretanto, este procedimento ignora a presença de vazios cartográficos, sejam acidentais ou intencionais.

A verificação de sobreposição é executada durante o procedimento de análise do SIGEF levando em consideração o tipo de limite e o respectivo padrão de precisão: 0,50m para vértices em limites artificiais, 3,00m para vértices em limites naturais e 7,50m para vértices em limites inacessíveis. Se por alguma razão ocorrer sobreposição, o SIGEF alerta o profissional responsável e o processo de certificação não vai adiante, mas se ocorrer um vazio cartográfico, ou seja, uma lacuna entre parcelas contíguas que deveriam compartilhar os mesmos vértices o sistema ignora o problema e leva a certificação adiante.

Neste sentido, uma possibilidade de ocorrência de vazio cartográfico intencional é durante o desmembramento de uma parcela já certificada que confronte com outra já certificada, situação prevista no Manual Técnico de Limites e Confrontações, no capítulo 6 intitulado Alteração de Parcela Certificada (INCRA, 2013a). Conforme indicado no referido manual e apresentado na Figura 2, se uma parcela for desmembrada e um novo vértice for adicionado alterando o perímetro da parcela lindeira (por mudança de confrontação após o desmembramento), a certificação da parcela lindeira deve ser cancelada e uma nova certificação deve ser feita. O manual transfere a responsabilidade da nova certificação, além das alterações em cartório, para o profissional credenciado responsável pelo desmembramento, inclusive com emissão de ART específica para este fim. Com este cenário, abre-se a possibilidade de que o profissional, agindo de má-fé, evite a inserção de um novo vértice que venha a interferir no memorial descritivo da parcela lindeira posicionando-o de forma a criar intencionalmente o vazio cartográfico para evitar atrair para si a responsabilidade por uma parcela que ele não levantou, nem acompanhou a certificação, como também evitar ao seu contratante os custos por uma certificação e custas cartoriais sobre imóvel que não lhe diz respeito.

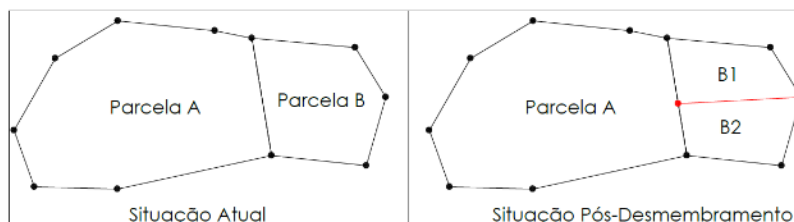


Figura 2 – Alteração de parcela certificada por desmembramento de outra lindeira. Fonte: Adaptado de INCRA (2013a)

Esta fragilidade do SIGEF é de grande relevância por contrariar o princípio cadastral da completude territorial, com a possibilidade de lacunas remanescendo entre parcelas contíguas. A fim de evitar a ocorrência dos vazios cartográficos, uma análise mais acurada deveria ser realizada no SIGEF levando em consideração o confrontante do limite (pelo número da matrícula, por exemplo) e os códigos de vértices declarados. Recomenda-se que os elaboradores dos manuais do SINTER observem cuidadosamente esta fragilidade do SIGEF a fim de elaborar uma solução, já que a dinâmica territorial em meio urbano é bem mais variada e complexa e é desejável que ao final as parcelas cadastradas cubram todo o território municipal sem a existência de sobreposições nem de vazios.

8.2.3 Métodos de posicionamento 2D para vértices 3D

A exigência para a coordenada 3D em parcelas que naturalmente são 2D (como no caso dos imóveis rurais) na elaboração da base cadastral e também para os registros públicos, além de desnecessária, implica numa complexidade injustificável. A 3ª edição da NTGIR exige que esse valor altimétrico seja informado para todos os vértices na tabela a ser enviada ao SIGEF para que seja utilizada no cálculo do Sistema Geodésico Local – SGL.

No entanto, alguns métodos indicados para os levantamentos das coordenadas dos vértices das parcelas não permitem a determinação da coordenada vertical e de sua precisão, ou seja, simplesmente não deveriam ser utilizados para este fim.

Como exemplo se pode citar os seguintes:

- i. Método da interseção linear (PT6)
- ii. Método da interseção angular (PT7)
- iii. Método da paralela (PA1)
- iv. Método da interseção de retas (PA2)
- v. Método do alinhamento (PA8)
- vi. Sensores Orbitais (PS4)

A falta de conhecimento e de orientação a respeito do SGL vem gerando uma série de problemas quando os métodos com solução planimétrica são utilizados. Parte dos profissionais tem deixado as altitudes com valor zero, ou valores altimétricos iguais para todos os vértices da parcela, assim como valor zero também para as precisões na planilha de dados cartográficos do SIGEF. A Figura 3 mostra um conjunto vértices de uma parcela certificada no SIGEF como valor zero nos sigmas da latitude e longitude e, além disso, apresenta valores de altitude para pontos obtidos por cálculos analíticos, ou seja, que não permitem calcular a altitude, mas que possivelmente foram utilizadas as altitudes dos pontos que deram origem às linhas paralelas ou de interseção de retas.

Vértices da parcela							
Código	Longitude	Sigma Long. (m)	Latitude	Sigma Lat. (m)	Altitude (m)	Sigma Altitude (m)	Método Posicionamento
CTZA-V-00186	-47°40'56,628"	0,00	-21°56'17,696"	0,00	720,4	0,00	PA1
CTZA-V-00185	-47°40'44,109"	0,00	-21°56'23,787"	0,00	709,43	0,00	PA1
CTZA-V-00184	-47°40'33,202"	0,00	-21°56'29,111"	0,00	703,5	0,00	PA1
CTZA-V-00183	-47°40'23,910"	0,00	-21°56'33,763"	0,00	682,76	0,00	PA1
CTZA-V-00182	-47°40'21,512"	0,00	-21°56'35,004"	0,00	678,71	0,00	PA1
CTZA-V-00454	-47°40'28,835"	0,00	-21°56'27,205"	0,00	678,08	0,00	PA2
CTZA-V-00453	-47°40'21,076"	0,00	-21°56'23,742"	0,00	644,9	0,00	PA2
CTZA-V-00447	-47°40'48,129"	0,00	-21°56'10,299"	0,00	712,29	0,00	PA2

Figura 3 – Vértices de parcela certificada no SIGEF com métodos analíticos que não permitem determinar a altitude. Fonte: www.sigef.gov.br

Esta confusão conceitual entre métodos adequados para coordenadas 2D e 3D poderia ser contornada de duas formas: a) as parcelas tivessem os seus vértices de limites determinados planimetricamente e fossem representadas utilizando uma projeção cartográfica adequada ou b) o SGL fosse determinado apenas com os vértices cujos métodos de posicionamento fossem planialtimétricos. Entre as duas formas, a primeira é tecnicamente mais adequada, haja visto que no caso da segunda a determinação do SGL contaria com um número menor de vértices podendo conduzir à uma altitude média errônea.

Em relação aos imóveis urbanos, sugere-se que a determinação dos vértices de limite das parcelas territoriais seja somente 2D, haja visto que devido às muitas obstruções presentes no meio urbano uma quantidade consideravelmente grande de vértices terão de ser levantados por métodos analíticos (como os métodos de paralela ou interseção de retas), com os quais não é possível determinar a coordenadas altimétrica do vértice.

8.2.4 Documentação desnecessária

A edição atual da NTGIR corrigiu algumas fragilidades que estavam presentes nas duas primeiras edições que alimentavam o antigo SNCl (Sistema Nacional de Certificação de Imóveis), as quais exigiam que o profissional enviasse ao órgão cadastral – o INCRA – uma grande quantidade de documentos e dados brutos para a montagem do processo de certificação, que era totalmente administrativo. Deveria ser enviado ao INCRA um CD contendo documentação em forma textual, memorial descritivo e os polígonos a serem certificados, além de outros documentos impressos em papel, a fim de que o Comitê Regional de Certificação pudesse analisar as peças. O procedimento era complexo e moroso.

Lemos (2017) aponta que o processo compreendia a conferência de matrículas quanto à dominialidade, o cadastramento e atualização junto ao INCRA, a verificação das precisões declaradas pelo profissional e conformidade entre o memorial descritivo e a figura apresentada. Só a partir de então, um servidor do INCRA inseria os dados constantes no CD no banco de dados cartográficos existente em cada Estado para verificação de sobreposição. Não havendo sobreposição, inseria estes dados na base nacional para cadastramento definitivo e certificação. Qualquer problema em um dos procedimentos levava a notificação do proprietário para ajustes e o processo ficava parado aguardando resolução. O mesmo autor aponta ainda que entre 2004 e 2010 muitos processos levaram mais de quatro anos para sua conclusão e certificação, que raramente um processo era concluído em menos de um ano, e que ainda hoje há um passivo de milhares de processos das duas primeiras edições da NTGIR que nunca foram certificados e outros que foram, mas que aguardam migração para o SIGEF na base cadastral do INCRA.

Embora tais fragilidades tenham sido eliminadas a partir da terceira edição da NTGIR, com o envio direto dos vértices coordenados das parcelas em formato de planilha via SIGEF e a guarda das respectivas peças técnicas e dados brutos e processados pelo profissional, resta a lição de que o processo burocrático anterior trazia imensas dificuldades para a certificação, dificultando o cumprimento da missão da base cadastral. Este alerta deve ser evidenciado quando tem sido anunciado em diversos seminários pelo país que o SINTER retrocederá aos moldes antigos do SNCl e adotará uma estratégia semelhante de envio pelos profissionais de uma série de documentos quando se tratar de certificação de parcelas urbanas. Corre-se o risco de repetir os erros passados, negando o avanço ocorrido na área cadastral com o advento do SIGEF, e causando um acúmulo de parcelas a serem certificadas no sistema.

Além do mais, tem-se anunciado que junto aos documentos a serem enviados há exigência para que se providencie um “laudo técnico de posicionamento geodésico” a ser elaborado considerando a otimização por meio de simulações em programas de ajustamento. Tal laudo deve comprovar a qualidade do posicionamento ao apresentar a metodologia empregada na aquisição, no processamento e no tratamento de dados das observações e as estimativas do ajustamento, por mínimos quadrados, considerando o princípio

da vizinhança. Ainda, o laudo passaria a constar como um atributo da parcela. A exigência em si é confusa, já que um laudo é um documento técnico ou relatório emitido após a análise de uma determinada situação através da qual se faz um diagnóstico. Também é confusa sob o ponto de vista de atribuição: quem pode emitir tal laudo? Correm-se dois riscos indesejados que são o da reserva de mercado e o do acobertamento profissional, este último, infração prevista em lei.

8.2.5 Métodos de posicionamento em desuso

O Manual Técnico de Posicionamento publicado pelo INCRA (2013), complementar à NTGIR, apresenta os métodos de levantamento em campo divididos em quatro partes, sendo o posicionamento por GNSS, posicionamento por topografia clássica, posicionamento por geometria analítica, e, por fim, posicionamento por sensoriamento remoto e base cartográfica.

De todos os métodos listados no referido manual três chamam atenção por se tratarem de métodos em desuso, que são:

- i. Método de triangulação (PT2);
- ii. Método da trilateração (PT3); e,
- iii. Método da triangulateração (PT4).

O IBGE (IBGE, 2018) indica em seu sítio eletrônico que a rede planimétrica nacional iniciou em 1944 com as medições referentes a uma base geodésica nas proximidades de Goiânia-GO com a utilização do método de triangulação. Conforme França et. al (2018), a rede planimétrica passou a ser densificada por tal método nas décadas seguintes, dando origem às estações geodésicas intituladas atualmente como vértices de triangulação (VT) ou também conhecidas como rede clássica. Ao todo, foram implantados cerca de 3600 vértices de triangulação ao longo das décadas de 1940 a 1980. Em meados da década de 1990 o próprio IBGE abandonou este método e passou a adotar somente o posicionamento por satélites, muito mais prático, por dispensar a intervisibilidade a outros vértices da rede possibilitando a implantação de novos vértices em locais que anteriormente seriam evitados, e também muito mais preciso. A esse respeito, o relatório de ajustamento do SIRGAS (IBGE, 2006) indica que foram realizados estudos de reocupação de vértices de triangulação com posicionamento por satélites ao longo de todo o território nacional à época da implantação do novo referencial planimétrico. Os resultados apontaram que as diferenças encontradas entre as coordenadas antes e após a reocupação chegaram a valores em torno de 9 metros nas regiões centro-oeste e norte do Brasil, sugerindo deformações na rede que não eram possíveis de serem detectadas pelas limitações técnica e instrumental associadas ao método de triangulação.

Tais métodos foram utilizados no passado, anteriormente ao avanço tecnológico atual, por se tratarem de soluções por triângulos quando havia dificuldades na tomada de dados de distâncias com a trena e soluções para terrenos pequenos apenas com medições lineares. Além disso, estes métodos não possuem benefícios de ajustamento ou otimização de erros em relação a outros métodos de posicionamento atuais e previstos no manual como, por exemplo, o método de poligonização (PT1) e o método de irradiação (PT5).

O Manual Técnico de Posicionamento (INCRA, 2013b) traz outras incoerências em relação aos métodos da triangulação, trilateração e triangulateração. De um lado, indica que estes são alternativas para o estabelecimento de pontos de apoio, a partir dos quais se podem determinar as coordenadas dos vértices de limite por outros métodos, mas de forma contraditória apresenta novamente estes métodos como possibilidades para a determinação de vértices de limite. Outra contradição é a de que o referido manual indica expressamente que para apoio ao SGB (obrigatório) somente podem ser utilizadas estações do tipo SAT/GPS (ativas ou passivas). Ou seja, o manual diz que não se podem utilizar os vértices de triangulação do SGB, que é a rede geodésica fundamental do país e, portanto, a mais precisa, mas aceita que se utilize a mesma técnica para a determinação de vértices de limite. Difícil imaginar que um profissional nos dias atuais se utilizará de alguns destes métodos para determinar pontos de apoio; e menos ainda para as coordenadas do vértice de um imóvel rural, quanto mais um urbano.

A Figura 4 apresenta os métodos listados em desuso, e percebe-se que os mesmos necessitam de uma quantidade maior de pontos de referência, de observações, e uma logística em campo muito mais complexa em relação aos métodos de poligonização e irradiação. Sendo assim, tem-se mais estações de trabalho em que o equipamento precisa ser instalado, acarretando em mais erros de centragem e mais visadas com erros angulares e lineares. Na mesma figura, os pontos A, B, G e H são os pontos de referência a serem utilizados e os pontos C, D, E e F são os vértices de limites da propriedade, situação hipotética apresentada no Manual de Posicionamento e irreal na prática. Por menor que seja o imóvel rural quase nunca será possível realizar o método com a instalação de equipamento nos vértices.

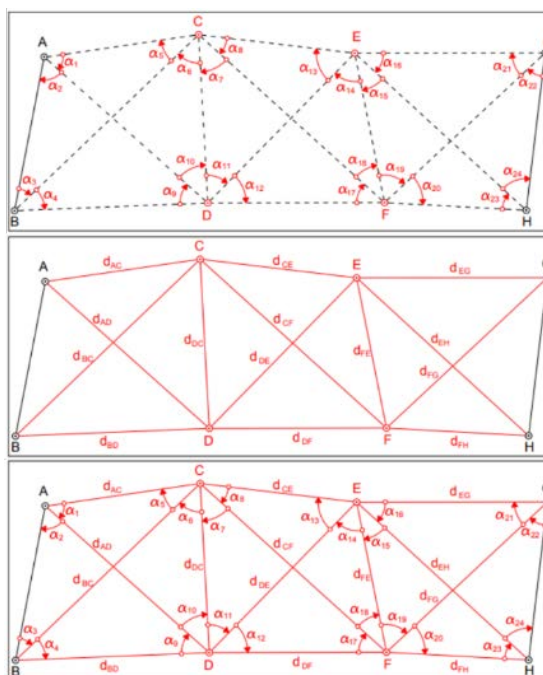


Figura 4 – Esquema dos métodos de triangulação (superior), trilateração (centro) e triangulateração (inferior). Fonte: Adaptado de INCRA (2013b).

O método de triangulação se caracteriza por somente medições angulares, e costumava ser utilizado na época em que a medida de distância apresentava dificuldades com uso de trenas ou imprecisão com uso de miras na taqueometria, não se justificando atualmente pelo uso das Estações Totais. O método de trilateração era utilizado antigamente sobretudo com o uso de trena, já que existindo disponibilidade de uso de teodolito e mira se pode lançar mão de outros métodos. A trilateração é um método para ser utilizados em pequenas áreas, mas que também foi substituído com o surgimento das Estações Totais. O método triangulateração é a combinação das medições lineares e angulares que não traz benefício em relação ao método de irradiação utilizando medições eletrônicas das Estações Totais.

O único fato de se cogitar o uso de um dos métodos de formação de triângulos é pela possibilidade de se ajustar ângulos e distâncias, mas o método da irradiação também apresentar vantagem igual ao utilizar observações redundantes. A Figura 5 mostra duas possibilidades do uso da irradiação previstas no Manual Técnico de Posicionamento; na segunda, o ajustamento já se faz possível (INCRA, 2013b).

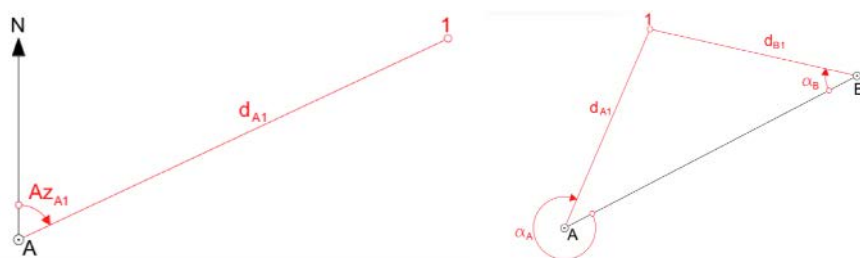


Figura 5 – Método de irradiação com única observação e observações redundantes. Fonte: Adaptado de INCRA (2013b).

Pelas dimensões dos imóveis rurais o uso de trena pode ser descartado imediatamente, pois medir longas distâncias horizontais com trenas é inviável, improdutivo e impreciso.

O fator produtividade também tem relação direta com o processamento dos dados. Os principais programas de automação topográfica brasileiros não apresentam soluções para os métodos em desuso, o que demonstra a baixa procura para essas soluções. Desta forma, para solucionar o posicionamento com os métodos em desuso, o profissional passará a usar planilhas eletrônicas e exportar os dados em formatos que os programas possam ler e integrar com a planilha ODT a ser enviada ao SIGEF no processo de certificação. Portanto, o fator produtividade em campo e escritório, somado ao pouco benefício de qualidade posicional em relação à poligonização e irradiação com Estação Total, faz com que estes métodos não se tornem interessantes, podendo mesmo ser retirados dos manuais de posicionamento sem prejuízo técnico ou prático.

De outro lado, as dificuldades encontradas nos imóveis rurais na aplicação dos métodos em desuso passam a ser encontradas nas áreas urbanas de forma amplificada, nas obstruções de visadas e detalhes a serem levantados. Por esses motivos é que se deve estudar bem os métodos a serem aplicados nos levantamentos cadastrais brasileiros, sobretudo quando o SINTER entrar em vigor sugerindo e exigindo determinada qualidade nas medições.

8.2.6 Certificação de polígonos com informações posicionais incoerentes

No sítio eletrônico do SIGEF (<https://sigef.incra.gov.br/sobre/faq/>), na seção das perguntas mais frequentes, o INCRA indica que o sigma da altitude não é elemento a ser utilizado na certificação. De fato, a lei não aponta para precisão vertical e nem se faz necessário, no entanto, as precisões na latitude e longitude são obrigatórias, mas tem se encontrado uma quantidade razoável de memoriais de parcelas certificadas mostrando que mesmo com valores zerados nos sigmas horizontais a peça técnica foi gerada. A Figura 6 mostra um exemplo. O método de posicionamento indicado é o PS1, correspondente a aerofotogrametria. Pelas características próprias do método, sabe-se que os pontos obtidos na restituição aerofotogramétrica possuem uma precisão que está associada a um conjunto de fatores que vão desde as câmeras utilizadas até os parâmetros do voo, do ajustamento e do controle executados. Entretanto, o profissional que fez o envio dos dados informou os sigmas de longitude e latitude dos vértices zerados, denotando que ou desconhecia os valores ou os omitiu no processo. Ainda assim, a parcela foi certificada.

Vértices da parcela							
Código	Longitude	Sigma Long. (m)	Latitude	Sigma Lat. (m)	Altitude (m)	Sigma Altitude (m)	Método Posicionamento
DRV-V-0150	-47°35'48,800"	0,00	-22°08'41,246"	0,00	915,65	0,00	PS1
DRV-V-0149	-47°35'49,254"	0,00	-22°08'42,025"	0,00	915,92	0,00	PS1
DRV-V-0148	-47°35'48,614"	0,00	-22°08'45,205"	0,00	920,32	0,00	PS1
DRV-V-0147	-47°35'47,059"	0,00	-22°08'51,511"	0,00	922,91	0,00	PS1
DRV-V-0146	-47°35'49,665"	0,00	-22°08'53,575"	0,00	900,17	0,00	PS1
DRV-V-0145	-47°35'49,973"	0,00	-22°08'56,340"	0,00	902,06	0,00	PS1
DRV-V-0144	-47°35'47,636"	0,00	-22°09'02,307"	0,00	916,17	0,00	PS1
DRV-V-0143	-47°35'46,535"	0,00	-22°09'04,510"	0,00	914,26	0,00	PS1

Figura 6: Vértices de parcela certificada no SIGEF com sigmas zerados na latitude e longitude. Fonte: www.sigef.gov.br

Outra ocorrência que tem se apresentado comumente nos memoriais descritivos disponíveis no SIGEF está relacionado às altitudes dos vértices, que ou foram informados também zerados ou aparecem todas com o mesmo valor. Nos dois casos há um grave problema, já que a versão atual da NTGIR adota o SGL como plano de projeção para o cálculo de área da parcela. Se a altitude dos vértices for informada incorretamente, as devidas reduções ao plano de projeção serão calculadas de forma errônea, afetando o valor da área do imóvel e comprometendo a segurança cadastral e registral. A Figura 7 demonstra um exemplo de situação de incoerência relacionada às altitudes com todos os vértices da parcela aparecendo zerados. Pela pesquisa de localização da parcela, identificou-se que se trata de terreno ondulado (as altitudes não poderiam ser todas iguais) e a cerca de 150m de altitude acima do nível do mar (as altitudes não poderiam ser zero). O referido exemplo da Figura 7 ainda ratifica o exposto no parágrafo anterior em relação às precisões zeradas, pois o método indicado é o PG1 (relativo estático). Ainda assim, igualmente, a parcela também foi certificada.

Vértices da parcela							
Código	Longitude	Sigma Long. (m)	Latitude	Sigma Lat. (m)	Altitude (m)	Sigma Altitude (m)	Método Posicionamento
F38-P-1032	-48°43'51,239"	0,00	-27°35'53,496"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-P-1031	-48°43'50,334"	0,00	-27°35'52,992"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-P-1030	-48°43'49,915"	0,00	-27°35'53,039"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-P-1029	-48°43'49,602"	0,00	-27°35'53,325"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-P-1028	-48°43'49,318"	0,00	-27°35'53,793"	0,00	0,0	0,00	PG2
F38-P-1049	-48°43'48,984"	0,00	-27°35'55,027"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-M-3899	-48°43'47,035"	0,00	-27°35'47,824"	0,00	0,0	0,00	PG1
F38-M-3900	-48°43'47,757"	0,00	-27°35'47,764"	0,00	0,0	0,00	PG1

Figura 7 – Vértices de parcela certificada no SIGEF com altitudes zeradas, além dos sigmas de latitude e longitude. Fonte: www.sigef.gov.br

Estas são fragilidades do SIGEF facilmente contornáveis via programação no sistema e que já poderiam ter sido resolvidas. Em relação às altitudes, um filtro simples resolveria a questão de elas serem apresentadas zeradas ou todas iguais. Da mesma forma em relação aos sigmas, um filtro simples indicaria ao sistema que os valores foram apresentados zerados, gerando uma pendência na certificação da parcela que deveria ser equacionada pelo profissional. A resolução de ambas as fragilidades pode ser incorporada ao SINTER.

8.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Lei 10.267/2001 (BRASIL, 2001) já está em vigor há mais de 15 anos e os avanços trazidos a partir dela na área cadastral para o nosso país são notáveis. Desde então, passou-se a dispor de mecanismos mais seguros de registro e, progressivamente, o tecido do imenso território brasileiro vai sendo coberto por parcelas definidas por coordenadas que esclarecem onde estão e a quem pertencem cada pequeno pedaço de terra.

O cadastro dos imóveis rurais, gerido pelo INCRA, parametrizado pela NTGIR, já na sua terceira versão, e disponibilizado pelo SIGEF está em constante aprimoramento, embora ainda haja fragilidades que devam ser consideradas. O presente artigo apresentou algumas delas e teceu comentários à guisa de contribuição aos cadastros em desenvolvimento.

O SINTER, como integrador de diferentes cadastros, de diferentes autores, em diferentes níveis, tem a difícil tarefa de disparar processo semelhante ao do ambiente rural nas áreas urbanas. O desafio aumenta admiravelmente se considerarmos que em relação ao ambiente rural há um órgão que desempenha o papel de gestor do cadastro – o INCRA, mas que no ambiente urbano tal papel será desempenhado de maneira difusa pelas cerca de 5570 prefeituras, cada uma com sua realidade local administrativa, técnica, financeira, territorial, cultural, etc. No SIGEF, o envio de dados é feito diretamente pelos profissionais que executam os levantamentos; no SINTER, o envio será feito por diversos usuários, além dos profissionais da agrimensura.

Uma maneira prudente de tentar fazer melhor é analisar as experiências já consolidadas e aprender com os acertos alcançados, a fim de aprimorá-los, e os erros cometidos, a fim de não os repetir. Esse o papel destinado aos elaboradores dos manuais técnicos do SINTER no presente momento: observar a experiência bem sucedida da NTGIR ao longo de três versões, do SIGEF na automação e simplificação dos processos de certificação, bem como atentar para as fragilidades demonstradas aqui e em outros documentos e fóruns de debate profissional e acadêmico como forma de continuar promovendo a estruturação e modernização cadastral no Brasil.

8.4 REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto Nº 8.764, de 10 de maio de 2016**. Disponível em < <https://goo.gl/8itd61>>. Acessado em julho de 2018.

_____. **Lei Federal 10.267 de 28 de agosto de 2001**. Disponível em <<https://goo.gl/HTaish>>. Acessado em julho de 2018.

FRANÇA, R.M.; BOSCATTO, F.; ARAÚJO, A.L. **Geodésia aplicada**. Florianópolis: Publicação do IFSC, 2018. Disponível em < <https://goo.gl/CLontd>>. Acessado em agosto de 2018. 59p.

IBGE. **Rede Planimétrica**. Sítio eletrônico. Disponível em < <https://goo.gl/CFzd5T>>. Acessado em julho de 2018.

_____. **Ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em SIRGAS2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em <<https://goo.gl/FrvyJp>>. Acessado em agosto de 2018. 29p.

INCRA. **Manual técnico de limites e confrontações: Georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: INCRA, 2013a. 27p.

_____. **Manual técnico de posicionamento: Georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: INCRA, 2013b. 37p.

_____. **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. Brasília: INCRA, 2013c. 4p.

LEMOS, F.E.M. **Evidências da desconexão entre a administração pública e o cartório de registro de imóveis para o Cadastro Territorial rural brasileiro.** Dissertação. Florianópolis: UDESC, 2017. 76p.

9 PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

CAROLINA COLLISCHONN
carolina.collischonn@ifsc.edu.br

9.1 Introdução

A título de contribuição com as discussões acerca do tema Gestão Territorial, e em virtude da publicação do Decreto Federal Nº 8.764/16 que instituiu o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER (BRASIL, 2016), o presente artigo apresenta uma síntese das ideias, conceitos e sugestões à comunidade acadêmica e técnica com vistas à elaboração dos futuros manuais e marcos normativos para o Cadastro do Brasil.

Os autores do presente artigo se constituem presentemente como meros compiladores das ideias de um grupo mais numeroso de profissionais pertencentes aos quadros do Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC. Tal grupo possui ampla e profunda formação na área de Cadastro Territorial, com reconhecida expertise no assunto, conhecendo as realidades estruturais do Cadastro em nosso e em outros países, as quais foram objetos de estudo de suas diversas dissertações, teses e publicações acadêmicas. Este documento é, portanto, uma breve síntese das discussões e estudos realizados por este grupo ao longo de muitos anos.

A proposta aqui delineada para a estruturação dos Cadastros Territoriais urbanos procura viabilizar de maneira eficiente, econômica e tecnicamente segura que o SINTER cumpra o papel integrador – previsto no referido Decreto – em curto prazo, e que todo o esforço que está sendo realizado tenha êxito pela manutenção das estruturas cadastrais em médio e longo prazo.

Destaca-se ainda que todo o escopo da presente proposta está em perfeita consonância com as premissas das novas versões das normas brasileiras NBR13.133 (ABNT, 1994) e NBR14.166 (ABNT, 1998), que apesar de estarem atualmente em processo de revisão, já se conhece o seu conteúdo básico, linhas de ação e princípios fundamentais.

Com a intenção de enriquecer os trabalhos e de ver materializada, ao final, aquela que pode vir a ser a mais significativa mudança na realidade cadastral brasileira, apresenta-se a atual proposta.

9.2 PREMISSAS TÉCNICAS

A fim de nortear a proposta foram definidas algumas premissas, que devem ser atendidas para que a estruturação cadastral do SINTER atenda ao seu fim, quais sejam:

- i. Implantação de rede de referência ao nível de levantamentos de limites legais;
- ii. Cadastro por medição em campo dos vértices definidores das parcelas, como ocorre nos países de referência na área;
- iii. Previsão para multifinalidades do Cadastro;
- iv. Observação do Direito de Propriedade;
- v. Integração entre registro imobiliário e Cadastro;
- vi. Necessidade de profissionais habilitados e credenciados para a execução dos levantamentos;
- vii. Aproveitamento de normas que já estejam difundidas pelos profissionais com os ajustes necessários aos propósitos do Cadastro;

- viii. Precisão posicional dos levantamentos viável, compatível com a realidade e sustentada tecnicamente;
- ix. Utilização de produtos de sensores remotos;
- x. Os cadastros municipais fiscais, com as mais variadas configurações, tendo como unidade básica a inscrição imobiliária e que levam em consideração a ocupação do território, permitem o uso inicial dos dados já existentes;
- xi. Aceleração de processos de regularização fundiária pode ser viabilizada através do SINTER.

Tais premissas não encerram todas as possibilidades no âmbito do Cadastro, mas dão um indicativo mínimo do que deve ser atendido para a materialização da proposta aqui apresentada.

9.3 CONCEITOS

Para a proposta deste artigo faz-se necessário também definir alguns conceitos importantes que influenciam na implantação de uma base para o Cadastro, e cujo sentido é utilizado ao longo do texto.

- Imóvel: Os bens imóveis são definidos no Código Civil como sendo o solo e tudo quanto se lhe incorporar natural ou artificialmente (BRASIL, 2002).
- Imóvel rural: Conforme o Estatuto da Terra (BRASIL, 1964), imóvel rural é o “prédio rústico, de área contínua qualquer que seja a sua localização que se destina à exploração extrativa agrícola, pecuária ou agroindustrial, quer através de planos públicos de valorização, quer através de iniciativa privada”.
- Imóvel urbano: São todos os imóveis que não são rurais.
- Imóvel registrado: Imóvel registrado é o cadastrado no cartório de Registro do Imóvel (CRI), o que equivale à propriedade. O imóvel registrado possui matrícula única em dado CRI, mas a numeração de matrícula pode se repetir em outros CRI.
- Imóvel não registrado: São os imóveis de posse ou imóveis públicos que ainda não tenham matrícula no CRI, como ruas, terrenos de marinha, praças, terras devolutas, etc.
- Parcela: Conforme o Decreto Federal Nº 8.764/16 que instituiu o SINTER (Art. 9º, §1º), parcelas cadastrais são unidades do cadastro que identificam áreas com regimes jurídicos distintos (BRASIL, 2016). A expressão referente ao “regime jurídico distinto” mencionado acima parece ter sido extraída e adaptada de Brandão (2003), cuja terminologia original, e que parece mais apropriada, era “regime jurídico único”. Ajustando o conceito de “regime jurídico único”, apresentado por Brandão (2003) em sua tese de doutorado, ao entendimento dos autores da proposta, a parcela corresponde a um conjunto específico de características, quais sejam:
 - i. Continuidade espacial
 - ii. Unicidade dominial
 - iii. Mesma situação jurídica (imóvel registrado ou não)
 - iv. Mesma situação administrativa-política (estado, município)

Já para Portaria Ministerial Nº 511/2009 (Art. 2º) a parcela é definida como sendo “a menor unidade do cadastro, definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único” (BRASIL, 2009). Entretanto, tal definição carece de retificação quanto ao termo “contígua”. O termo correto para definir espacialmente o estado da parcela em si é “contínua”, já que a contiguidade seria a característica da situação entre uma parcela e outras que lhe sejam vizinhas.

Ainda assim, em relação ao regime jurídico, os autores consideram mais adequado o conceito da Portaria Ministerial Nº 511/2009, pois uma parcela existente e dividida (parcelamento do solo) a interesse do proprietário terá o mesmo regime jurídico, mas comporá uma nova parcela. Ou seja, uma parcela possui regime jurídico único, mas não significa que duas parcelas devem ter regimes diferentes.

Independente do uso dado à parcela, o regime jurídico é único, mesmo no caso de um edifício em que seus apartamentos são imóveis registrados individualmente, mas todos são vinculados à parcela (mesmo que espacialmente não estejam dentro de sua projeção).

Ainda em concordância com a Portaria Ministerial Nº 511/2009, no seu Art. 2º, a parcela no Cadastro deve ter um identificador único, inequívoco e estável.

As áreas de restrição legal ou presença de edificações, com os mais variados usos, não mudam a definição da parcela, nem alteram o seu regime jurídico (Figura 3).

No exemplo da Figura 1, a linha de transmissão e o rio não são OTL, mas a APP formada devido ao rio e a servidão de passagem devido à linha de transmissão, o são, vide figura 4.

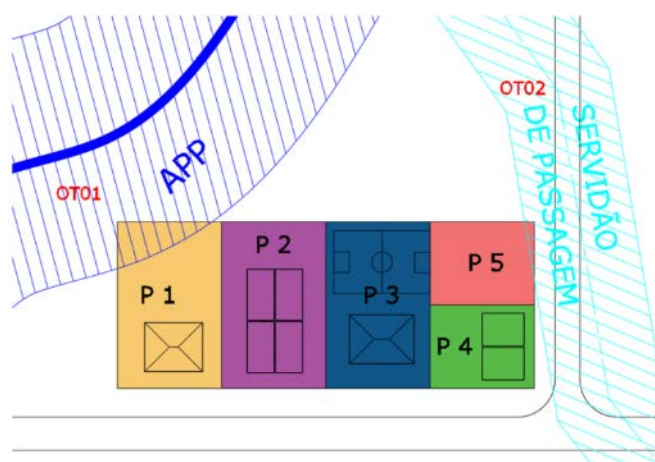


Figura 4 – Objetos Territoriais Legais.

- Objeto Territorial Físico: Objeto Territorial Físico (OTF) é todo elemento natural ou artificial sobre o solo. Enquadram-se como OTF edificações, vegetação, lagos, rios, linhas de transmissão, etc.

Na Figura 5 observa-se que a linha de transmissão é um Objeto Territorial Físico (OT25) e a servidão gerada em função dela é Objeto Territorial Legal (OT02). O rio é um Objeto Territorial Físico (OT24) e a APP definida por ele é Objeto Territorial Legal (OT01). As edificações são Objetos Territoriais Físicos. Destaca-se que os Objetos Territoriais, sejam Legais ou Físicos, podem se sobrepor, mas sempre estarão vinculados a uma parcela territorial ou porção dela.

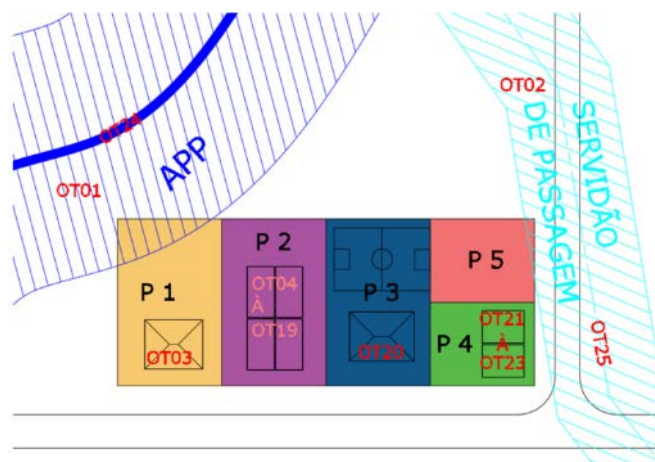


Figura 5 – Objetos territoriais legais e físicos definidos.

- Matrícula x Parcelas x Objetos Territoriais: As parcelas poderão ter uma ou mais matrículas no CRI em função dos objetos territoriais. Conforme as Figuras 4 e 5 apresentadas anteriormente, diversas situações se configuram, quais sejam:

i. Objetos Territoriais que não podem ter matrícula:

OT01: é OTL e a APP pode sofrer alteração pela legislação;
 OT02: é OTL e a servidão será averbada na matrícula do CRI;
 OT25: é OTF, mas não tem necessidade de estar registrado no CRI.

ii. Objetos Territoriais que podem ter matrícula:

OT03: esta residência poderá receber uma matrícula no CRI por direito de laje, mas estará sempre vinculada à parcela territorial P1. Caso a edificação seja do mesmo proprietário da parcela territorial, poderá somente a parcela P1 ter matrícula no CRI.

OT04 a OT19: cada apartamento terá sua matrícula individualizada com uma fração ideal da parcela territorial em função da incorporação. Todos os OT estão vinculados à parcela territorial P2;

OT20: não se justifica ter matrícula própria pelo seu uso, sendo registrado no CRI somente a parcela territorial P3. Porém, nada impede de o OT20 ter matrícula própria, caso o proprietário seja individualizado;

OT21 e OT22: são de uso comercial e podem ter matrícula própria em caso de incorporação, mas serão vinculadas à parcela territorial P4;

OT23: poderá ser um direito de laje ou mesmo um apartamento de uma incorporação, mas estará vinculada à parcela territorial P4.

OT24: se o rio é privado ele será um OT; se for um rio público deverá ser obrigatoriamente uma parcela.

Observa-se que a parcela poderá ter mais de uma matrícula em função de seus Objetos Territoriais.

9.4 ESTRUTURAÇÃO

Para a implantação do Cadastro se fazem necessários alguns pontos fundamentais para sua estruturação, sendo eles:

- Implantação da RRCM (Rede de Referência Cadastral Municipal).

A rede deve ser implantada conforme a NBR 14.166, que está em processo de revisão atualmente. Sua alta densidade é a garantia de êxito para os levantamentos topográficos atenderem o princípio da vizinhança.

- Atendimento ao Princípio da Vizinhança.

A adoção efetiva do princípio da vizinhança garante que não existam distorções entre os levantamentos com erros sistemáticos diferentes a partir de pontos de apoio diferentes. Os vértices da RRCM devem estar homogêneos através de ajustamento.

- Coordenadas dos vértices como definidores do limite da parcela.

A definição geométrica do limite das parcelas deve ser pelas coordenadas geodésicas de seus vértices permitindo a composição de uma base única para todo o país nos imóveis urbanos, a exemplo do que já ocorre com os imóveis rurais. Igualmente aos moldes do cadastro rural, os vértices devem possuir códigos únicos e inequívocos, e estarem localizados nas mudanças de direção e de confrontação do limite.

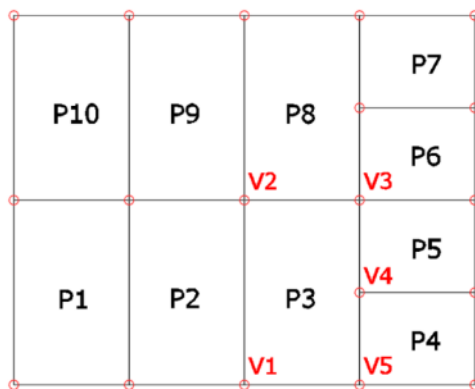


Figura 6 – Vértices definidores da parcela P3.

- Confrontação deve ser necessariamente com parcelas e por vértices.

Cada vértice do imóvel deve confrontar com parcelas e não com matrículas ou proprietários.

O padrão atual, inclusive nos imóveis rurais, define a confrontação por linhas, ocultando lindeiros reais que são influenciados por mudanças geométricas das parcelas. Nesse artigo é apresentada uma sugestão de alteração conceitual no entendimento de confrontação entre parcelas. O entendimento proposto é que a confrontação passe a ser considerada por vértice, já que um vértice pode ter mais confrontantes que o alinhamento, e, conseqüentemente, alterações nas suas coordenadas atingem outras parcelas confrontantes que não são consideradas quando o conceito de confrontação se dá por linhas. Como exemplo, na Figura 6, o vértice V2 da parcela P3 confronta as parcelas P2, P9 e P8. Em casos de retificação ou usucapião da parcela P3, o proprietário da parcela P9 também deve anuir. Se a confrontação se mantiver por linhas, apenas

os proprietários das parcelas P2 e P8 seriam notificados, ocultando o interesse do proprietário P9, sendo que o vértice V2 também define a sua parcela.

- Levantamento topográfico dos vértices.

Os vértices devem ser levantados com topografia de campo utilizando qualquer técnica que permita o cálculo e demonstração da precisão posicional obtida do vértice. Este levantamento deve ser certificado por um órgão de cadastro para garantir que não exista sobreposição ou espaço entre outras parcelas já certificadas. O levantamento topográfico deve ter um responsável técnico credenciado. O investimento neste levantamento poderá ser de responsabilidade do proprietário, conforme a necessidade de alteração da parcela ou qualquer tipo de edificação.

- Obtenção de uma Base Cadastral provisória.

Alternativamente, pode-se obter uma Base Cadastral provisória a partir de uma base cartográfica existente ou mesmo com o uso de sensoriamento remoto (aerofotogrametria e imagem de satélites), que dará a celeridade na criação do mapa parcelário. Quando da necessidade da manutenção da Base Cadastral (casos de alteração da parcela ou qualquer tipo de edificação) a pedido do proprietário da parcela, devem ser realizadas medidas com topografia de campo e certificadas.

- Definição de uma precisão posicional.

Para que os levantamentos topográficos atendam à qualidade cadastral se faz necessário que seja definida uma precisão posicional (e não relativa) dos vértices das parcelas a serem certificadas.

Pela teoria dos erros, a precisão define a tolerância admitida entre medições distintas de um mesmo ponto. Essa tolerância é dada por três vezes o valor da precisão, devido a possibilidade de um erro aleatório máximo ocorrer.

Sugere-se para a precisão posicional planimétrica a adoção do valor de ± 8 centímetros, de acordo com Luz (2013), na dissertação intitulada “Uma proposta para a precisão posicional no cadastro brasileiro”, trabalho da orientação do Prof. Dr. Jürgen Wilhelm Philips.

- O setor responsável de cadastro.

Faz-se necessária a criação de um setor de Cadastro com o fim de manter a base atualizada ao dia, tendo em vista que a cada dia chegam novos levantamentos para empreendimentos imobiliários nas prefeituras, por exemplo. No Brasil não se tem regulamentada a criação de um órgão nacional ou estadual responsável pelo cadastro urbano. Conforme a Constituição Federal (BRASIL, 1988), é delegada à prefeitura (Art. 30) promover “... adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo urbano”, o que exige da prefeitura uma organização de sua base cartográfica e cadastral. Logicamente, as prefeituras estão focadas no cadastro fiscal, mas o cadastro fiscal pode subsidiar inicialmente o controle do cadastro legal. As prefeituras já executam, portanto, a atividade de controle dos parcelamentos num setor específico de planejamento.

Por estes motivos, sugere-se que o setor de cadastro seja mantido na própria prefeitura. As prefeituras terão que se adequar a esta necessidade técnica fazendo uso das ferramentas disponibilizadas pelo SINTER.

- Relacionamento com os Registros de Imóveis

O Cadastro das parcelas deverá estar conectado com os CRI através do SINTER, permitindo consultas em tempo real para emissão de certidões e consultas atualizadas a partir do CRI e prefeituras.

- Certificação dos limites para integridade das parcelas definitivas

Será necessário o processo de certificação (similar ao que existe no cadastro de imóveis rurais) para as parcelas definitivas, ou seja, as medidas em campo obtidas com topografia. Entretanto, diferentemente do que é realizado no âmbito rural, sugere-se que análise não deverá ser somente de sobreposição, mas também da consistência de justaposição e, dessa forma, impedindo espaços vazios entre as parcelas. A ação de certificação de parcelas deve ser executada pelo órgão responsável pelo cadastro.

9.5 IMPLANTAÇÃO DA BASE CADASTRAL

Para a implantação de uma base cadastral adequada a realidade brasileira e que poderá ser compartilhada pelo SINTER com diversos órgãos sugere-se o fluxo apresentado na figura 7.

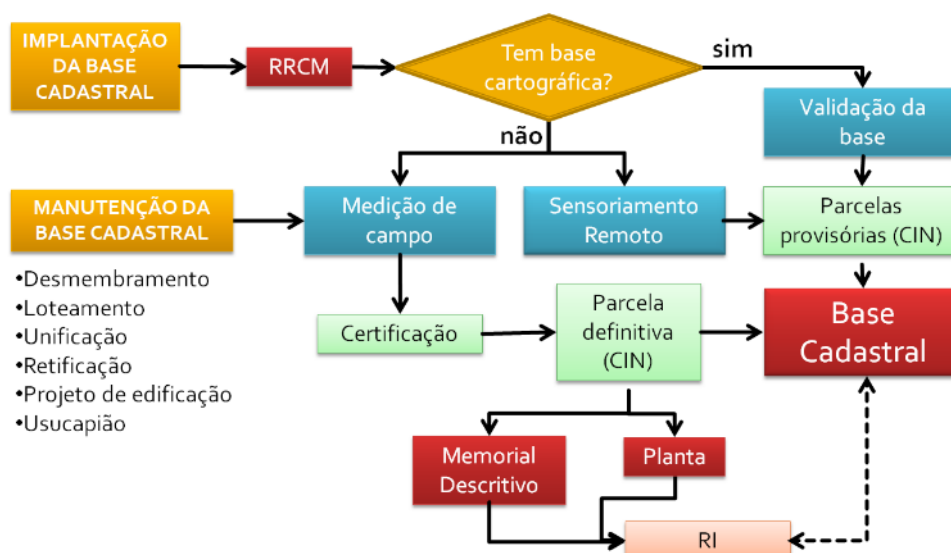


Figura 7 – Fluxograma da Implantação e Manutenção da Base Cadastral.

A primeira etapa consiste na materialização de uma Rede de Referência Cadastral Municipal adequada e em conformidade com a NBR14.166. Em seguida, deve-se verificar a existência ou não de uma base cartográfica. Se essa existir, deve-se passar por uma etapa de validação antes da criação das parcelas provisórias. Se não existir, pode-se optar pela criação de parcelas provisórias via sensoriamento remoto, ou diretamente de parcelas definitivas por medições de campo com levantamentos topográficos. As parcelas provisórias também recebem um código único, mas permanecem na Base Cadastral sob a indicação de situação provisória, até que algum processo de manutenção sobre esta parcela seja ativado e a parcela seja devidamente certificada (conforme apresentado no capítulo 6).

No fluxo proposto na Figura 7, as coordenadas da parcela que compõem o imóvel são registradas no CRI somente após ser devidamente certificada, garantindo a geometria e o princípio da Especialidade Objetiva. Isto não impede de a parcela provisória ir a registro para regularização fundiária, porém, as coordenadas não podem estar especificadas no registro, sendo uma informação que ainda deve ser comprovada com medição de campo, o que ocorrerá nos processos de manutenção da base cadastral.

9.6 MANUTENÇÃO DA BASE CADASTRAL

A manutenção da base cadastral surge a partir do interesse do proprietário, como consequência de desmembramento, unificação, loteamento, retificação, usucapião e qualquer outra ação que exija mudança ou alteração na parcela. Além destas, a aprovação de um projeto de edificação em determinada parcela também poderá ativar a necessidade de manutenção da base cadastral, visto que nestes casos também já é comumente realizado um levantamento topográfico.

A manutenção da base cadastral deve ser realizada obrigatoriamente a partir de uma medição de campo com topografia e, somente por esta via, a parcela provisória é devidamente certificada passando a situação de definitiva.

9.7 CONCLUSÕES

Vislumbra-se que os conceitos e a proposta de estruturação cadastral apresentada no presente artigo são totalmente viáveis para implantar em municípios de qualquer tamanho, sendo necessário um pequeno número de adequações para comportar um setor de cadastro a fim de operacionalizar as ferramentas disponibilizadas pelo SINTER.

Desta forma, em curto prazo, os municípios, os CRI, a Receita Federal e a sociedade terão conhecimento da situação fundiária urbana do país e, em longo prazo, de forma estruturada e sustentável, estará resolvida a questão legal dos imóveis urbanos.

9.8 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.133: Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

_____. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimentos.** Rio de Janeiro, 1998. 23p.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, 1988.

_____. **Decreto Federal Nº 8.764/16, de 10 de maio de 2016: Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER.** Brasília, 2016.

_____. **Lei Federal Nº10.406, de 10 de janeiro de 2002: Institui o Código Civil.** Brasília, 2002.

_____. **Lei Federal Nº 4.504, de 30 de novembro de 1964: Institui o Estatuto da Terra.** Brasília, 1964.

_____. **Ministério das Cidades. Portaria Nº 511, de 7 de dezembro de 2009: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.** Brasília, 2009.

KAUFMANN, Jürg; STEUDLER, Daniel. **Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system.** Rüdlingen: FIG – Federação Internacional de Geômetras, 1998. 44p.

LUZ, Luiz Arnaldo da Silva. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2013. 82p.

SANTOS, Juciela Cristina dos; FARIAS, Edla Siqueira de; CARNEIRO, Andrea Flávia Tenório. **Análise da parcela como unidade territorial do cadastro urbano brasileiro.** Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 574-587, dez. 2013. Disponível em <<https://goo.gl/KEzh6w>>. Acesso em 30 abr 2018. <https://goo.gl/BQgb8e>.

10 USO DE RPAS PARA DEFINIÇÃO DE PARCELAS PROVISÓRIAS DO CADASTRO TERRITORIAL

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

10.1 Introdução

Com a publicação do Decreto Federal Nº 8.764/16 que instituiu o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER (BRASIL, 2016), nasceu o que mais se aproximou até hoje no Brasil para a estruturação de um cadastro consistente de fato multifinalitário. Como definido no próprio decreto, o SINTER será administrado pela Secretaria da Receita Federal do Brasil e a adoção de um fluxo dinâmico, terá por objetivo atender às necessidades de especialização do registro e qualificação do cadastro (RECEITA FEDERAL, 2018). A composição de uma base cadastral parcelar, portanto, será fundamental para garantir a operação e a análise dos efeitos da multifinalidade aplicada sobre o território.

Os autores do presente artigo se constituem presentemente como meros compiladores das ideias de um grupo mais numeroso de profissionais pertencentes ao quadro do Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC. Tal grupo possui ampla e profunda formação na área de Cadastro Territorial, com reconhecida expertise no assunto, conhecendo as realidades estruturais do Cadastro em nosso e em outros países, as quais foram objetos de estudo de suas diversas dissertações, teses e publicações acadêmicas. Este documento é, portanto, uma aplicação prática dos sólidos conceitos modernos e internacionais compilados ao longo de anos que permitirão a composição da desejada base cadastral provisória que facilitará a gestão do cadastro territorial.

A legislação brasileira vem sendo formatada para a adequação do cadastro territorial urbano após grande experiência do cadastro territorial rural. A evolução das políticas públicas neste sentido ficam notórias a partir da publicação de instrumentos legais atuais como a portaria 511/2009 do Ministério das Cidades que define as Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros, o Projeto de Lei 3.876/2015 que estabelece normas para elaboração do cadastro territorial dos municípios, o Decreto Federal 8.764/2016 que institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER e o recente Decreto federal 9.310/18 que institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana.

França e Araújo (2018) apresentaram a estruturação necessária propondo a possibilidade de obtenção de uma base cadastral provisória a partir de uma base existente ou através de sensoriamento remoto (aerofotogrametria e imagem de satélites) (Figura 1).

Hasenack (2013) afirma que nas áreas municipais urbanas, a carta cadastral adotada no Brasil é aquela que representa as feições físicas visíveis (o contorno) das ocupações, quer estas sejam levantadas por métodos fotogramétricos ou topográficos. Ela não representa os limites legais das parcelas territoriais, e não tem vínculo com o RI.

Para Oliveira (2007), a maioria dos municípios brasileiros não conta com cartografia cadastral atualizada, ou sequer conta com algum produto cartográfico. Sugere ainda que para o estabelecimento dessa cartografia, bem como para o denominado recadastramento, a ideia inicial é levantar de uma só vez, de forma rápida e completa. Com isso a aerofotogrametria se encaixa perfeitamente, porém não atendendo o princípio do cadastro territorial da definição pontual dos limites que nem sempre são físicos.

A utilização de RPAS vem crescendo a passos largos em todo o mundo, sendo considerada uma tecnologia disruptiva quando aplicada em áreas já consagradas como a aerofotogrametria. No Brasil todos os RPA (Remotely Piloted Aircraft ou Aeronave Remotamente Pilotada) e usuários devem ser cadastrados na ANAC, onde se pode observar um crescimento constante de aproximadamente 1.000 aeronaves por mês desde que a plataforma on-line foi criada em junho de 2017 (ANAC, 2018).

Sendo o cadastro territorial de competência municipal devido ao ordenamento territorial, conforme define a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 no seu artigo 30º inciso VIII (BRASIL, 1988), os municípios devem manter um cadastro territorial fiel garantindo o seu ordenamento e possibilitando cobrança de tributos justa. Para esta manutenção, são necessários investimentos que nem sempre são vistos

como mantenedores de um retorno fiscal que compense sua existência, levando municípios a não implantarem uma gestão do cadastro territorial. Segundo o IBGE (2017) cerca de 56% da população vivem em 304 municípios, o que equivalem a 5% dos municípios. Os outros 95% dos municípios possuem todos menos de 100.000 habitantes e 75% dos municípios possuem menos de 20.000 habitantes. Isso nos aponta dificuldades em obter orçamento para investimentos em planejamento e ordenamento territorial. Desta forma, soluções mais simples e que possam abranger menores extensões territoriais para o mapeamento passam a ser muito interessantes, característica esta da aerofotogrametria com RPAS apontada por Lara e Neris (2017).

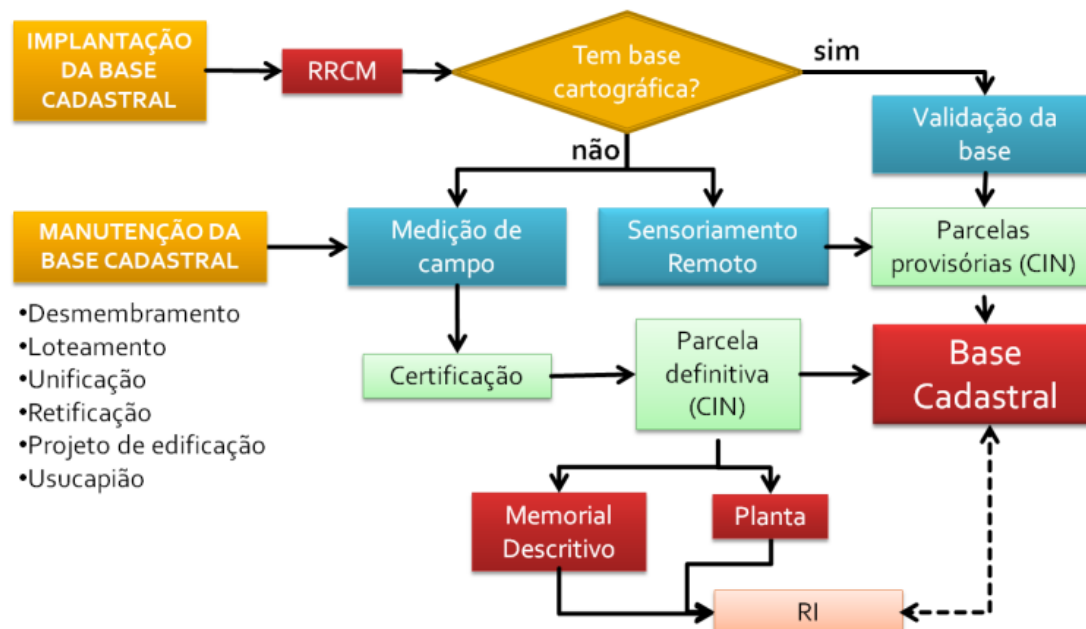


Figura 1 – Fluxograma da Implantação e Manutenção da Base Cadastral. Fonte: França e Araújo (2018)

Lara e Neris (2017) mostraram que usando aerofotogrametria com RPAS e processamento com pontos de controle medidos em campo, foi alcançada na ortofoto Classe A do PEC para a escala 1:1000, o que indica a possibilidade de uso para a definição de parcelas provisórias, sendo um dos objetivos de análise deste estudo. As parcelas provisórias são aquelas que não passaram por um processo de certificação e que podem compor a Base Cadastral até que venha a ser certificada de forma definitiva; podem ser oriundas das bases de dados geoespaciais das prefeituras ou de métodos de levantamento em massa (como a aerofotogrametria), e normalmente correspondem aos limites físicos da ocupação territorial ou expressos nos documentos de formalização do parcelamento do solo.

A distribuição e quantidade dos pontos de controle no processamento influenciam diretamente a qualidade do posicionamento, conforme concluiu Zanetti (2017).

Segundo estudo de Cunha et al. (2016) comparando ortofoto obtida por aerofotogrametria usando RPA sem pontos de controle em solo, sendo georreferenciada apenas pelas coordenadas autônomas das fotografias usando código C/A, as discrepâncias nas coordenadas E variaram de -0,74 a +0,85 e nas coordenadas N variaram de +0,85 a +1,45. Mesmo não apresentando uma translação sistemática, Cunha et al. (2016) conclui que atende para a escala 1:5000 PEC Classe A.

Para tornar viável a gestão do cadastro territorial, é necessário que o município tenha em seu quadro ao menos um profissional da área de Agrimensura. Será este profissional ou equipe de profissionais que farão as manutenções necessárias na Base Cadastral. Existe ainda a possibilidade de associações de pequenos municípios para compartilhar a estrutura de gestão do cadastro.

Este estudo aborda a análise da criação de base cadastral provisória utilizando aerofotogrametria com RPAS e como se fará os ajustes até que a parcela se torne definitiva através dos levantamentos topográficos.

10.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia adotada foi um estudo de caso para melhorar nossa percepção com a aplicação prática dos conceitos concebidos de gestão do cadastro territorial. A Figura 2 apresenta um fluxograma com o resumo e encadeamento das etapas.

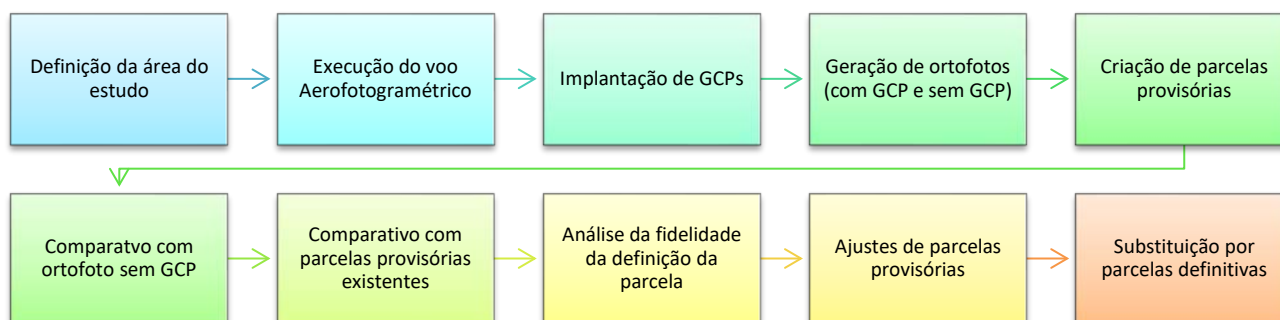


Figura 2 – Fluxo do desenvolvimento do trabalho.

10.3 Definição da Área de estudo

Como área do estudo de caso, foi adotada a quadra onde se encontra o IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis



Figura 3 – Localização da área de estudo no bairro Centro de Florianópolis. Fonte: Adaptado de Google (2018)

A quadra está localizada no município de Florianópolis, numa área bastante urbanizada e com ocupação irregular ocorrida a partir do início do século XX (figuras 3 e 4). A área da quadra irregular é de aproximadamente 10ha.

10.3.1 Execução do voo aerofotogramétrico

Para o voo foi utilizado o RPAS da marca Sensefly, modelo ebee, classe 3, com a câmera Sony DSC-WX220 que possui a resolução de 18,2 MP.

O planejamento do voo foi realizado no software Sensefly emotion 2. Foi definida a altura máxima de voo de 120m, pois a aeronave não possui CAER e nenhum professor ou aluno possui Habilitação na ANAC conforme RBAC-E nº94 (ANAC, 2017). Com a altura do voo definida em 120m, a GSD (Ground Sample Distance ou Distância de Amostra do Solo) resultante ficou em 3,4cm. Foram adotadas a sobreposição transversal de 75% e longitudinal de 85%.

Para a RPS (Remote Pilot Station ou Estação de Pilotagem Remota) foi utilizado um notebook com processador i7, memória RAM de 8GB, placa de vídeo dedicada de 2GB, sistema operacional Windows 7 Professional. O Software utilizado para telemetria e controle da aeronave foi o emotion 2 da Sensefly, o mesmo utilizado para o planejamento do voo. Foram capturadas 242 fotografias.

10.3.2 Implantação de pontos de controle

Foram implantados 17 pontos de controle em solo pré-sinalizados e medidos com RTK modelo Topcon Hiper V. Buscou-se uma distribuição uniforme, porém em virtude dos obstáculos como edifícios altos e o morro à leste que possui ocupação desordenada com vias muito estreitas, a disposição dos pontos de controle não foram regulares.

A pré-sinalização foi feita com cal em solo e tinta nas áreas pavimentadas, no formato de cruzeta. As cruzetas foram feitas com tamanho aproximado de 1 m e largura dos traços de aproximadamente 8 cm.

As precisões posicionais dos pontos de controle ficaram todos melhores que ± 18 mm na horizontal e ± 24 mm na vertical.

Os pontos de controle servirão para serem usados no processamento como GCP (Ground Control Point ou Ponto de Controle no solo) ou como Ponto de Checagem (Check Point). Na implantação e medição eles são executados da mesma forma, sem distinção. Somente no processamento eles ganharão status de GCP ou Ponto de Checagem.

10.3.3 Geração de ortofotos

Para a geração das ortofotos, as fotografias foram processadas no software Pix4Dmapper Pro versão 3.1.22. O software Pix4Dmapper Pro desenvolve todas as etapas de processamento aerofotogramétrico utilizando algoritmos de visão computacional, tornando o processo extremamente simples e com pouca interação humana.

Foram feitos 2 processamentos: sem GCP e com GCP. Ambos resultaram em ortofotos verdadeiras (elementos verticais ortogonalizados) com tamanho do pixel de 4,4cm.

O Processamento sem GCP foi georreferenciado utilizando apenas as coordenadas da fotografia obtida pelo receptor GNSS embarcado na RPA que faz posicionamento absoluto com código C/A, resultando em alguns metros de erro posicional.

No Processamento com GCP foram utilizados os pontos de controle colocando alguns como GCP e os demais pontos de controle passaram a ser Pontos de Checagem. Os pontos de checagem são importantes para se conhecer a precisão posicional esperada do produto, podendo inclusive classificar a ortofoto conforme a PEC. Foram feitas algumas simulações iniciando com 5 GCPs e aumentando gradativamente onde foram apresentadas discrepâncias maiores até que os erros posicionais ficaram homogêneos comparando o pixel central da sinalização no ortofoto em relação aos pontos de checagem. Com 10 GCP e 7 Pontos de checagem, foi alcançado o erro máximo posicional de 9,3cm sendo os demais melhores que 4cm. A disposição final dos GCP e pontos de checagem, podem ser observados na figura 4.



Figura 4 – Definição da área de estudo e posição dos GCP e pontos de checagem. Fonte: Adaptado de Google (2018)

10.3.4 Criação de parcelas provisórias

As parcelas provisórias foram criadas a partir da vetorização de polígonos sobre as feições foto-interpretadas na ortofoto resultante do processamento com GCP. As feições que serviram de análise para a vetorização foram muros, cercas e edificações. Não foi utilizado mais nenhum outro material de apoio

justamente para provocar os possíveis problemas decorrentes de foto-interpretar feições como limites dos imóveis para o comparativo das parcelas existentes no cadastro municipal.

Foram identificadas 51 parcelas baseando-se somente nas feições.



Figura 5 – Parcelas Provisórias vetorizadas sobre a ortofoto com GCP

10.3.5 Comparativo com ortofoto sem GCP

Para analisar a importância do processamento aerofotogramétrico utilizando GCPs para a criação de parcelas provisórias, foi realizada a sobreposição das parcelas provisórias vetorizadas sobre a ortofoto processada com GCP sobre a a ortofoto processada sem GCP.

Observou-se que para a área em questão houve um erro sistemático médio na direção oeste de $1,96\text{m} \pm 12\text{cm}$ e na direção sul de $0,89\text{m} \pm 15\text{cm}$, resultando um deslocamento horizontal médio de $2,16\text{m}$ para sudoeste.



Figura 6 – Parcelas Provisórias sobre a ortofoto sem GCP.

10.3.6 Comparativo com parcelas provisórias existentes

O Município de Florianópolis possui um setor de cadastro e utiliza inclusive um sistema de informações geográficas para sua gestão, que está organizado em parcelas. As parcelas foram obtidas por processo aerofotogramétrico com voo tripulado fazendo atualização conforme informações dos proprietários através de matrículas, escrituras e projetos. O arquivo vetorial foi fornecido pelo Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Para o município de Florianópolis, estas parcelas são as existentes no cadastro e seriam as utilizadas para alimentar o SINTER por exemplo. Foram comparadas, então, as parcelas criadas a partir da ortofoto do RPA com as parcelas existentes do cadastro do município de Florianópolis. Na base do cadastro do município, existem 47 parcelas contra 51 identificadas por feições.



Figura 7 – Comparativo das parcelas existentes no cadastro com as criadas na ortofoto RPA. Fonte: elaborado pelos autores (2018)

Foram identificados erros posicionais menores que 1,16m entre as parcelas existentes no cadastro e as criadas pela ortofoto do RPA (Figura 7 A). Mas os problemas mais críticos foram devido às divergências na interpretação das feições que aparentemente definem os limites do imóvel. Mesmo sendo uma área bastante urbanizada onde os muros são comumente usados para definir os limites, foram encontradas importantes divergências pois vários imóveis não possuíam feições físicas visíveis. A Figura 7 B mostra que foi identificada uma parcela pela ortofoto e que no cadastro são na verdade 4 parcelas distintas. Esta situação não é possível ser identificada somente por sensoriamento remoto. Somente em campo após reunir os proprietários isso é possível, pois neste caso os imóveis não possuem matrícula. Nesta quadra ocorreram mais 6 casos onde tiveram divergências das parcelas vetorizadas por feições das que já estão ajustadas no cadastro.

10.3.7 Análise da fidelidade da definição da parcela

Como o cadastro existente foi originado de aerolevantamento e ajustado conforme outros documentos como registro e escrituras, também podem haver divergências para a ocupação real. Para verificar esta situação, foi-se a campo para identificar a fidelidade da criação da parcela temporária baseado na ortofoto e também com o que existe no cadastro. Neste estudo, 4 parcelas tinham ocupação totalmente divergente do que foi foto-interpretado e também divergente com o existente no cadastro.



Figura 8 – Parcela definitiva em formato irregular impossível de ser definida a partir de sensor remoto

10.3.8 Ajustes de parcelas provisórias

Adotando somente ortofoto de qualquer processo aerofotogramétrico para criar as parcelas provisórias, onde cada qual receberá um Código de Imóvel Nacional (CIN), poderá haver divergências que dependem de análise em campo. Quando esta análise for feita sob demanda conforme necessidade do proprietário ou de algum confrontante, surge então a necessidade de alterar as parcelas provisórias, sendo necessário criar novas ou unificar algumas criadas.

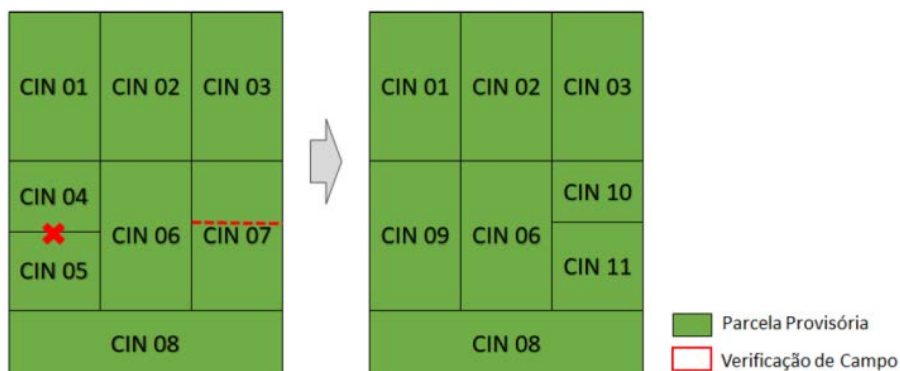


Figura 9 – Exemplo de base cadastral com novas parcelas provisórias modificadas após análise

10.3.9 Substituição por parcelas definitivas

As parcelas provisórias, assim são chamadas por não serem ainda medidas em campo, nem seus vértices monumentados para definir vértice a vértice os limites dos imóveis, nem mesmo a anuência dos lindeiros quanto aos limites fisicamente definidos.

Ao ser necessário qualquer tipo de alteração do registro do imóvel, inicia então o processo de criação da parcela definitiva, sendo então necessário o levantamento topográfico de campo para que todas as definições geométricas da parcela e suas questões de dominialidade sejam analisadas e aceitas pelos confrontantes. A parcela medida em campo passa então pelo processo de Certificação, onde similar ao que ocorre no Georreferenciamento de Imóveis Rurais hoje, são analisadas as questões geométricas para garantir consistência na base cadastral.

Sendo a parcela medida levada a certificação, são necessários ajustes geométricos das parcelas provisórias lindeiras após a certificação ser concretizada. A figura 10 apresenta uma situação de uma parcela medida em campo que exige ajustes das parcelas lindeiras.

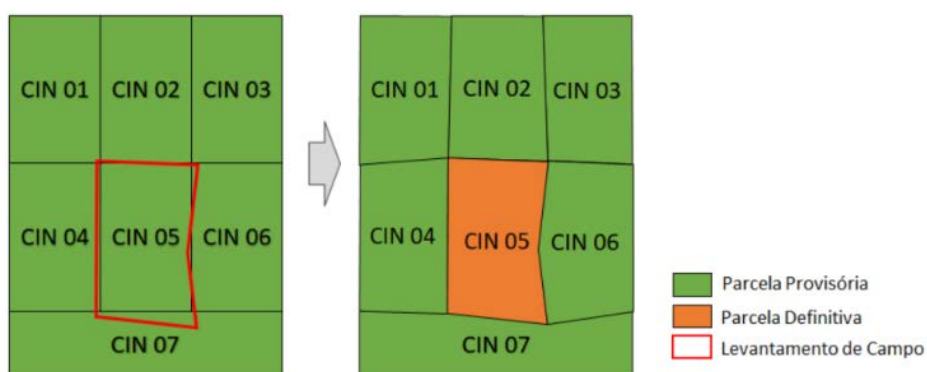


Figura 10 – Exemplo de ajuste das parcelas provisórias lindeiras à uma recém certificada

10.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os limites legais não são todos materializados por feições em campo, o que impede de se criar as parcelas definitivas (que vão a registro) por processo aerofotogramétrico, independente da resolução e precisão posicional.

O processo aerofotogramétrico de RPA atual, gera ortofotos verdadeiras que produzem deformações em suas bordas quando há feições verticais, como é o caso de muros e edificações. Isso prejudica a fotointerpretação não sendo possível ter a visualização geometricamente correta. A solução para amenizar o problema é a análise da fotografia bruta que possui perspectiva e assim facilite a fotointerpretação.

Erro posicional da ortofoto sem GCP para uma pequena área como esta (300x400m) apresentou deslocamento sistemático, sendo que as distorções (15cm) não foram significativas se comparado ao erro sistemático encontrado (2,16m).



Figura 11 – Deformação de feições verticais na ortofoto verdadeira.

10.5 CONCLUSÕES

O processo aerofotogramétrico por RPA atende perfeitamente a finalidade de criar as parcelas provisórias. A parcela provisória pode e deve ser dinâmica no cadastro, sendo necessário ajustá-la em função da realidade medida em campo da própria parcela ou das parcelas lindeiras.

Para a criação de parcelas provisórias, pode-se adotar o processamento com poucos GCPs, pois mesmo sem o uso de GCPs, a qualidade geométrica se apresentou bastante satisfatória, sendo necessário a eliminação de erros sistemáticos com poucos pontos de controle.

Já para a criação de parcelas definitivas, o processo aerofotogramétrico não é possível, pois existem as questões legais de domínio que devem ser analisadas. Somente as feições em campo como muros, cercas e edificações não são suficientes para criar a parcela definitiva com segurança jurídica.

Há de se considerar ainda que é exigível a monumentalização dos vértices que definem as parcelas definitivas, exigindo o reconhecimento em campo, além da ciência dos lindeiros para regularização do registro do imóvel. Somente desta forma dois profissionais poderão medir o mesmo ponto fisicamente em campo sem haver qualquer dúvida sobre a posição do limite da parcela.

A sistemática de criar parcelas provisórias de todo o espaço num tempo curto, permite o planejamento e controle no cadastro e conforme as parcelas vão sendo medidas em campo para criar as parcelas definitivas, as parcelas provisórias vão sendo ajustadas. Desta forma se tem uma visão ampla do cadastro territorial sem aguardar a certificação das parcelas que devem ser feitas de acordo com a necessidade do proprietário em ações de desmembramento, loteamento, unificação, retificação, projeto de edificação, usucapião, regularização fundiária ou mesmo por necessidade específica do órgão responsável pelo cadastro, não onerando assim o município com levantamentos para regularizar imóveis.

10.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAC. **Quantidade de Cadastros**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/quantidade-de-cadastros>>. Acesso: 15 agosto 2018.

_____. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil - RBAC-E nº94**. Brasília, 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988.

_____. Câmara dos Deputados. **Projeto de lei nº 3.876-A/2015. Estabelece normas para elaboração do cadastro territorial dos municípios e dá outras providencias**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/1475564.pdf>>. Acesso: 02 de junho de 2018.

_____. **Decreto Federal Nº 8.764/16, de 10 de maio de 2016: Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais – SINTER**. Brasília, 2016.

_____. **Decreto Federal Nº 9.310/18, de 15 de março de 2018: Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana**. Brasília, 2018.

_____. Ministério das Cidades. **Portaria Nº 511, de 7 de dezembro de 2009: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Brasília, 2009.

CUNHA, A. A. et al. **Controle de qualidade posicional de ortofoto gerada pelo RPA (remotely piloted aircraft) Phantom 3 com receptor GNSS embarcado**. 12o Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial – COBRAC. Florianópolis. 2016.

FRANÇA, R. M.; ARAUJO, A. L. **Parcelas e objetos territoriais: uma proposta para o SINTER**. 13o Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial – COBRAC. Florianópolis. 2018

GOOGLE. **Google Earth**. Version Pro 7.3.2.5491. 2018. Florianópolis. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso: 19 agosto 2018.

HASENACK, M. **A cartografia cadastral no Brasil**. 2013. 201p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

IBGE. **Pesquisa de informações básicas municipais – tabelas 2017** .Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/protecao-social/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?edicao=21632&t=resultados>>. Acesso: 10 agosto 2018.

LARA J. V. H. . NERIS F. L. **Análise da Qualidade Geométrica da Planta Cadastral Urbana Gerada a Partir de Imagem Aérea Obtida com VANT**. 2017. UNESC.

OLIVEIRA, F. H. **Considerações sobre a necessidade municipais em relação à Cartografia cadastral urbana** In: Cunha, P,M,E ; De Cesare, C. M. Financiamento das cidades: instrumentos fiscais e de política urbana – seminários nacionais – Brasília: Ministério das Cidades, 2007

RECEITA FEDERAL. Subsecretaria de Arrecadação, Cadastros e Atendimento. **Objetivos do Sinter**. 2018. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/sinter/institucional/objetivos-do-sinter>>. Acesso: 02 de junho de 2018.

ZANETTI, J. **Influência do número e distribuição de pontos de controle em ortofotos geradas a partir de um levantamento por VANT**. 2017. 84p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

11 PORQUE O CADASTRO TERRITORIAL DEVE SE ESTRUTURAR COM PARCELAS 2D

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

IVANDRO KLEIN
ivandroklein@gmail.com

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

11.1 Introdução

O Cadastro Territorial (CT) tem a parcela como sua unidade básica, e esta, sendo de caráter legal, deve necessariamente espelhar a matrícula, alcançando-se, assim, a tão desejada união entre cadastro e registro público. Os demais entes que são averbados na matrícula ou que de alguma forma restringem o direito de uso do imóvel, devem ser considerados Objetos Territoriais (OT).

No entanto, os levantamentos realizados por métodos aerofotogramétricos utilizados como cadastros pelas prefeituras e institutos de terras e que são denominados cadastros, na verdade, demonstram a ocupação aparente e não a legal.

Também é muito importante frisar que levantamentos de campo com os devidos procedimentos para a identificação dos pontos limites entre as parcelas são realizados diariamente para fins de Agrimensura, e acabam não sendo aproveitados na elaboração de um CT. Se enquadram no exposto, os trabalhos realizados diariamente no Brasil por uma infinidade de profissionais e empresas que levantam imóveis para diversos processos de legalização e/ou parcelamento do solo, além dos processos para aprovação de projetos de construção.

Os Cartórios de Registros de Imóveis (CRI) vêm tentando suprir esta falta de cadastro realizando a espacialização das matrículas como forma de dirimir as dúvidas entre as parcelas lindeiras, embora sem caracterizar um cadastro territorial sistematizado. Ainda, os CRI mantêm em seus arquivos vários levantamentos relativos às alterações nas matrículas, porém a maioria dos levantamentos foi realizado em sistemas de projeção topográfica locais, o que dificulta a inserção destes trabalhos em um sistema georreferenciado de CT.

Os CT têm elementos que os caracterizam e que devem ser executados para mantê-los tecnicamente adequados e atualizados de forma que não seja necessária a realização de atualizações em massa como acontecem com os cadastros fiscais existentes atualmente.

Primeiramente necessita-se de uma legislação adequada para segurança jurídica, aliada às normas técnicas que garantam as precisões estabelecidas, definindo claramente os métodos e procedimentos para garantir uniformidade nos levantamentos. Desta forma, deve-se implantar a rede de referência cadastral, materializar os pontos limites das parcelas, estabelecer de que forma serão mantidos os originais de campo, os códigos de identificação, a carta cadastral e quais outros OT serão levantados.

Por óbvio, os levantamentos em campo, com os cuidados necessários à Agrimensura, têm um custo muito mais elevado que os levantamentos que utilizam aerolevantamento, e também exigem mais tempo para sua realização. Porém, se adequadamente realizados, no momento de alguma demanda que naturalmente exigiria um levantamento de campo, não necessitam atualizações periódicas.

Se for possível o entendimento que o CT pode e deve ser realizado ao longo do tempo, com seus custos divididos entre os proprietários das parcelas e a municipalidade, esta última arcando principalmente com a gestão do cadastro, então dar-se-á início à sua implantação de fato, aproveitando parte das estruturas existentes, com adaptações aqui apresentadas.

Pode-se observar que a legislação brasileira vem evoluindo para permitir a regularização fundiária e assegurar a importância social e econômica da propriedade, fato evidenciado, por exemplo, pela Lei Nº 10.931/2004 que trouxe a retificação de área extrajudicial, Lei Nº 13.105/2015 que trouxe a usucapião extrajudicial e a Lei 13.465/2017 que flexibilizou a Regularização Fundiária Urbana. No entanto, os documentos técnicos ainda não avançaram para dar suporte à execução padronizada e sistematizada destes processos.

As técnicas de levantamento em massa por sensoriamento remoto e a restituição para a geração de parcelas e de mapeamento para o município utilizadas atualmente não devem ser descartadas para o CT. Pelo contrário, devem ser utilizadas, pois mesmo não atendendo às questões posicionais para se levar uma parcela a registro público e nem os princípios básicos para um CT sustentável, essas técnicas atendem as questões de gestão territorial e tributária e quando estruturada em um sistema cadastral, serão substituídas ao longo do tempo por medições em campo para a parcela em caráter definitivo. Além disso, as técnicas de levantamento remoto apresentam outras vantagens quando o objetivo for as medições de feições, detalhes no terreno e geração de modelos tridimensionais da superfície.

O desenvolvimento de levantamentos com aeronave remotamente pilotada (RPA) e a fotogrametria digital, trouxeram novas soluções a um custo muito baixo que atingem a precisão exigida para o cadastro e até mesmo ao PEC-PCD para grandes escalas. No entanto, um dos conceitos que o CT demanda é a verificação e demarcação dos vértices da parcela em campo e consequentemente o seu levantamento, para o qual, muitas vezes, é necessário saber qual face de um muro é a linha de limite para a fixação do material indicando o ponto limite da parcela. Tais demarcações ainda não são visíveis em levantamentos aéreos.

Tendo-se as várias tecnologias disponíveis, pessoal com qualificação profissional adequada e conhecimento dos sistemas cadastrais implantados no mundo, é possível realizar um cadastro que atenda às necessidades da sociedade brasileira com um modelo que conjuga todos estes elementos.

11.2 CONCEITOS DO CT E DE PARCELA

Dentre as diversas denominações, interpretações e conceitos do cadastro, entre elas, cadastro, cadastro legal, cadastro territorial, cadastro multifinalitário (CTM), cadastro multiuso, cadastro 2D, 3D, 4D, em que todos utilizam como base o CT, este artigo faz uso de uma adaptação do conceito da FIG – Federação Internacional de Geômetras, no qual: o Cadastro é um inventário público de dados metodicamente organizados, baseado no levantamento dos limites das parcelas existentes em um determinado território.

O CT é um sistema de informações de um território, usando como unidade a parcela territorial, contendo direitos, restrições e responsabilidades, relativa a esta unidade. Quando outras informações do território são agregadas ao CT, forma-se então o chamado cadastro territorial multifinalitário com os mais variados temas necessários às administrações municipais. A Figura 1 apresenta a relação do CT com o CTM.

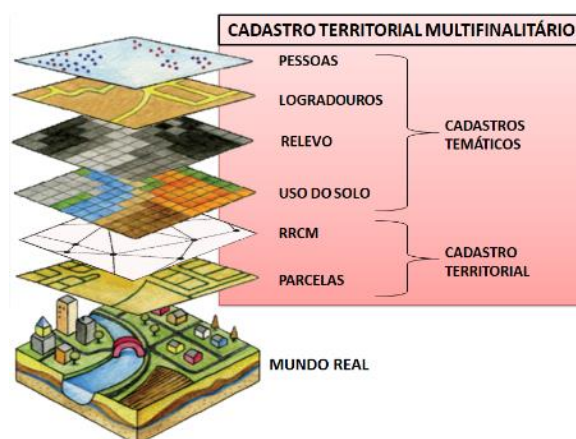


Figura 1: O CT e o CTM. Fonte: Adaptado de Nascimento (2018)

O CT, então, por definição utiliza a parcela como sua unidade básica, e que deve ser legal, corretamente identificada e medida. De forma correspondente o registro tem a matrícula, que cumpre a mesma função. Segundo Faria (2018) a matrícula é uma cópia do registro imobiliário do imóvel, nela consta a localização e real descrição do bem, seu registro anterior e data de abertura. Cada matrícula detém um número específico para identificação, é o ato cartorário que individualiza o imóvel.

Os cadastros urbanos vistos atualmente não utilizam a parcela como unidade básica e sim a inscrição imobiliária, que pode conter uma matrícula, várias matrículas, ou ainda nem ter matrícula, pois o que interessa é a forma de ocupação para a cobrança de impostos. As Figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, as três situações comuns em cadastros urbanos mencionadas.



Figura 2: Situação de imóvel com várias matrículas, sem separação aparente. Fonte: Imagem Google (2020) adaptada pelos autores.



Figura 3: Situação uma matrícula com parcelamento. Fonte: Imagem Google (2020) adaptada pelos autores.



Figura 4: Situação de ocupação sem matrícula. Fonte: Imagem Google (2020) adaptada pelos autores.

O CT têm como suporte a rede de referência cadastral e os levantamentos das parcelas de caráter legal. Por isto, a parcela é a base de um sistema cadastral, sendo a primeira camada de um sistema multifinalitário, na qual todos os demais temas se apoiam e se ajustam ao CT.

O conceito de cadastro, apesar de conhecido, segue discrepante daquele aplicado nas administrações municipais. Quando se analisa a situação dos cadastros municipais, o que se encontra está muito distante do que se poderia ser considerado um CT, porém, cumprindo sua função de base para suporte à arrecadação de impostos sobre a ocupação e, eventualmente, agregando uma cartografia temática para criar o chamado “geoprocessamento” ou sistema de informações territoriais, muitas vezes também útil para o planejamento municipal.

A realidade brasileira é a de cadastros fiscais levantados por sensoriamento remoto. Então, pode-se utilizar estes levantamentos já realizados pelas prefeituras como um primeiro passo para a realização de um CT, de forma que as parcelas comecem a ser identificadas e retificadas em uma base inicial, sendo que ao longo do tempo chegar-se-á ao objetivo de um CT seguro, autossustentável e totalmente integrado ao registro imobiliário.

O conceito de parcela adotado na Portaria Ministerial Nº 511/2009 (Art. 2º) está adequado ao de matrícula e deve ser utilizado no CT, sendo assim “a parcela cadastral é definida como uma parte contígua da superfície terrestre com regime jurídico único” (BRASIL, 2009). Tal conceito carece apenas de uma retificação quanto ao termo “contígua”. O termo correto para definir espacialmente o estado da parcela em si é “contínua”, já que a contiguidade seria a característica da situação entre uma parcela e outra(s) que lhe seja(m) vizinha(s).

Então, considerando a parcela como sendo “a menor unidade do cadastro”, definida como uma parte contínua da superfície terrestre dos cadastros municipais atuais pode-se admitir duas situações distintas sobre as parcelas, quais sejam:

i) Parcelas provisórias cujos limites são oriundos de cartografia cadastral já existente nos órgãos de gestão do cadastro, desde que devidamente validada dentro de parâmetros técnicos, ou de novos levantamentos em massa por métodos de sensoriamento remoto. Nos casos de regularização fundiária em massa, a parcela provisória poderá ser adotada para garantir a propriedade.

ii) Parcelas definitivas cujos limites são oriundos de levantamentos topográficos de campo, apoiadas sobre a RRCM. Quando a parcela definitiva substituir a sua provisória, a quantidade de vértices entre estas pode ser maior ou menor. Por esta razão, somente a parcela definitiva passa por processo de certificação indo posteriormente a registro.

A parcela definitiva pode também ser chamada “certificada”, e a provisória, “não certificada”. Tais conceitos parecem se ajustar à realidade e às necessidades de modelagem cadastral nacional.

Outros elementos também podem fazer parte de uma matrícula e para este fim pode-se adotar a figura do Objeto Territorial, que para França et al. (2018) é uma porção de terra com condições homogêneas em seus limites, em função de sua finalidade. É todo elemento natural, artificial ou restritivo por legislação sobre o solo. Os Objetos Territoriais podem ser legais ou físicos (KAUFMANN e STEUDLER, 1998; SANTOS et. al., 2013).

11.3 PARCELA 2D OU 3D

A discussão em torno da possibilidade de modelagem de parcelas 3D veio à tona com a elaboração de manuais técnicos de apoio ao SINTER (BRASIL, 2016) e da publicação do Decreto 9.310/2018 (BRASIL, 2018), que regulamentou a Lei Federal 13.465/2017 (BRASIL, 2017) que trata da Regularização Fundiária. O referido decreto afirma no seu artigo 29, parágrafo 2º, que “o vértice definidor do limite terá natureza tridimensional”. O artigo e o próprio decreto não deixa claro qual o modelo parcelar para o CT passa a ser utilizado: um cadastro de parcelas 2D sobre um Modelo Digital de Terreno (2.5D), um cadastro de parcelas 3D inteiramente volumétricas, um cadastro de parcelas 2D com avisos de sobreposição a outras parcelas, ou outro não especificado.

Afirmar que o CT e os registros dos imóveis nos CRI devem espelhar a mesma situação, significa também afirmar que as informações geométricas da parcela devem constar também no registro do imóvel. Significa dizer que se a parcela for 3D, a informação do Z de cada vértice deve também constar no registro, que garantirão o princípio da especialidade objetiva.

O princípio da especialidade objetiva é um dos pilares do sistema registral imobiliário. Por esse princípio, todo o imóvel deve possuir descrição suficientemente exaustiva a ponto de distingui-lo dos demais (individualizá-lo) e a demonstrar com clareza sua grandeza (disponibilidade quantitativa) e formato (disponibilidade qualitativa). (AUGUSTO, 2005)

Desta forma, uma simples mudança na superfície topográfica onde fica localizado o vértice do imóvel, seja por operação de terraplenagem ou erosão, na sua nova demarcação terá um Z diferente do registrado, o que exigirá uma retificação da matrícula por mudança em sua descrição. Esta retificação não tem fim prático nenhum, trazendo apenas ônus ao proprietário.

A hipótese de que o vértice do imóvel em 3D poderá ser utilizado para compor um modelo digital do terreno, não se sustenta, pois muitas vezes o vértice não estará na superfície topográfica e, portanto, não a representará (Figura 5).

Se a parcela 3D abarcar um volume, a situação fica bastante complexa, praticamente impossível de descrever numericamente os vértices de forma tabular e muito menos descritiva.

Num edifício com vários pavimentos, este tem unidades imobiliárias registradas independentemente dispostas fisicamente umas sobre as outras. Mas neste mesmo edifício, também existem corredores, elevadores, escadas e outros elementos espaciais que em conjunto com as unidades formam o volume do edifício. Modelá-los em 3D para dar origem às parcelas 3D, geraria um custo absurdamente alto para gerar pouquíssimos benefícios para o CT (se é que existe algum). A unidade que caracteriza a parte quantitativa de toda unidade imobiliária é o metro quadrado, mesmo que ela está disposta em 3D. Ninguém adquire um apartamento por metro cúbico, ou tem seus impostos calculados com base em seu volume.

A espacialização em 3D é muito importante para planejamento urbano, fiscalização, gestão urbana, o que pode muito bem ser atendido por objetos territoriais modelados em 3D, mas em hipótese alguma devem ser levados a registro, pela simples justificativa de que não contribuem para o princípio da especialidade objetiva. Em casos de unidades imobiliárias autônomas num edifício, seu registro imobiliário deve estar vinculado ao espaço territorial de onde surgiu, ou seja, da parcela 2D (ARAÚJO et al., 2018).

Como há a necessidades da materialização dos vértices das parcelas com a maioria das vezes demarcados em uma feição que limita a parcela, e de que é comum não se encontrar ao nível do solo, a fundamentação do cadastro 3D a partir de vértice não se torna viável.

A Figura 5 apresenta duas situações em relação aos vértices materializados de duas parcelas contíguas. Na situação A o terreno é mais plano e o vértice de divisa da frente das duas parcelas não foi materializado próximo ao solo por algum motivo, assim a linha vermelha que liga os vértices acaba não acompanhando o relevo ou um plano da parcela. Na situação B o terreno está em desnível, quando comparadas as duas parcelas, sendo que se a altimetria for trazida ao solo, as parcelas terão coordenadas altimétricas distintas.

Trazer a altimetria do ponto materializado ao nível do solo poderá causar dúvidas e erros nas informações, além de não existir a necessidade para esse tipo de informação na parcela. Não há problemas em medir o Z dos vértices e armazenar ele no CT, porém, não existe aplicação prática dela existir, e muito menos ser usada para a definição do vértice da parcela.

Portanto, o CT deve ser composto necessariamente por parcelas bidimensionais. O Cadastro 3D deve se apoiar em objetos territoriais, ao invés de se buscar uma modelagem tridimensional do CT composta de parcelas, pois as necessidades jurídicas das mesmas são de dados planos e o custo de se obter a modelagem 3D da parcelas, sobretudo apenas com informações nos vértices, não se justifica.

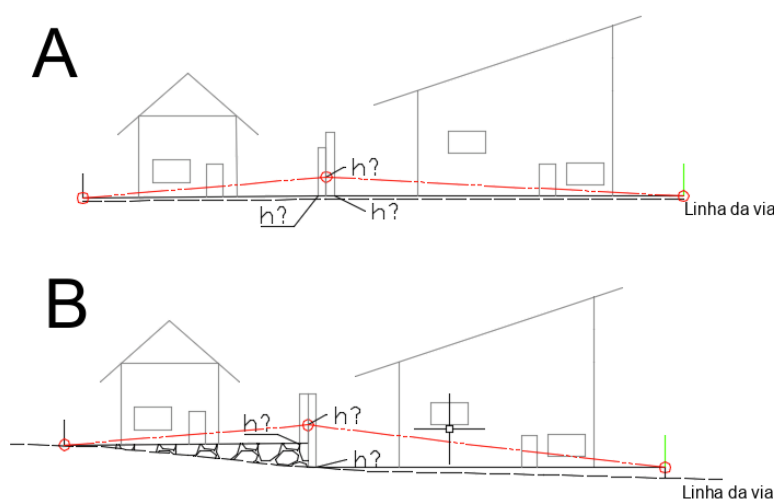


Figura 5: Exemplo de vértices materializados em elementos construtivos. Fonte: Araújo et al. (2018).

11.3.1 Precisão posicional 2D e 3D

Klein e Lima (2018), por meio de centenas de simulações numéricas alterando a precisão nominal do equipamento, distância de intervisibilidade e precisão posicional dos vértices de partida da RRCM, demonstram que critérios de tolerância posicional 3D são muito mais difíceis de serem atingidos do que critérios de tolerância posicional 2D. Segundo os autores, os principais fatores são a densidade espacial de

marcos da RRCM e a precisão posicional destes, sendo a precisão nominal do equipamento um fator secundário.

Portanto, atualmente, os principais fatores que impedem o profissional de atender a critérios de tolerância posicional 3D (densidade e qualidade da RRCM) são fatores externos ao seu controle, devendo-se ressaltar ainda que a grande maioria dos municípios do Brasil não dispõe de RRCM, muito menos com uma densificação satisfatória de vértices.

Neste contexto, a Figura 6 ilustra a precisão posicional 3D ($\sigma_{3D} = \sqrt{\sigma_{2D}^2 + \sigma_H^2}$) em função da precisão posicional horizontal (σ_{2D}) e da precisão posicional vertical (σ_H) do ponto.

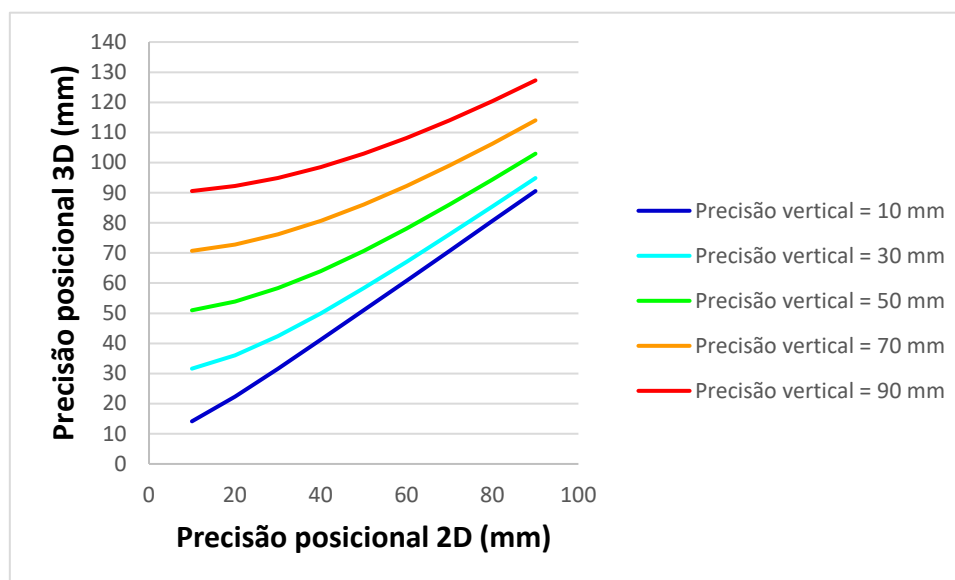


Figura 6: Precisão posicional 3D de um vértice em função da precisão 2D e vertical deste. Fonte: Klein e Lima (2018).

Os resultados da Figura 6 ilustram a dificuldade de se atingir critérios de tolerância posicional 3D, uma vez que o posicionamento GNSS vertical, em geral, é pior do que o posicionamento GNSS horizontal (MONICO, 2008), e, além disso, 87,5% das altitudes normais das RRNN do SGB apresentam desvio-padrão entre 60 mm e 100 mm (IBGE, 2019).

11.4 CONCLUSÃO

O entendimento dos conceitos de Cadastro Territorial baseado em parcelas em 2D é imperativo se se deseja implantá-lo nas áreas urbanas no Brasil. Conforme demonstrado, as diversas interpretações e até mesmo legislações que foram aprovadas em todos os níveis dificultam e até inviabilizam a implantação de um CT.

Os levantamentos cadastrais para as parcelas devem estar embasados tecnicamente em procedimentos que possam garantir uma padronização entre os profissionais da área para que mesmo gerem produtos com qualidades compatíveis entre si e com a necessidade do sistema cadastral.

Diversas técnicas de levantamento são possíveis no CT, basta separar as finalidades e a proposta de parcelas certificadas e não certificadas parece se adequar bem a realidade brasileira. Esta deve ser discutida entre os profissionais do cadastro e também entre os juristas para que a legislação possa acompanhar as questões técnicas e vice-versa.

Por fim, vale ressaltar que o levantamento das parcelas deve ser no plano 2D e que as discussões apresentadas, sobretudo quando da proposta do SINTER e posteriormente da publicação da Lei 13.465/2017 e do Decreto 9.310/2018 (BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018), de se ter vértices 3D não se justifica tecnicamente e economicamente, podendo inclusive ter o efeito contrário do que se espera. Trata-se, portanto, de um equívoco conceitual e prático de grande porte manter a legislação exigindo posicionamento 3D para vértices imóveis e parcelas.

11.5 Referências

ARAÚJO, Adolfo Lino de; BOSCATTO, Flávio; FRANÇA, Rovane Marcos de. **A componente vertical no cadastro 3D e o SINTER**. In: VII SIMGEO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. 2018, Recife. Anais do VII SIMGEO. Recife: UFPE, 2018. p. 1109-1117. Disponível em: <<https://bit.ly/32uOH9m>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

AUGUSTO, Eduardo Agostinho Arruda. **Especialidade Objetiva e Georreferenciamento**. Boletim Eletrônico do IRIB, [S.L.], v. BE1811, jun. 2005. Disponível em: <<https://www.irib.org.br/boletins/detalhes/2015>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Portaria Nº 511, de 7 de dezembro de 2009: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Brasília, 2009. Disponível em <<https://bit.ly/37aSlcj>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

_____. **Decreto Nº 8.764, de 10 de maio de 2016: Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais**. Brasília, 2016. Disponível em <<https://bit.ly/3j56rP1>>. Acesso em 16 jun. 2020.

_____. **Lei Federal Nº 13.465, de 11 de julho 2017: Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana**. Brasília, 2017. Disponível em <<https://bit.ly/3563g4A>>. Acesso em: 16 jun, 2020.

_____. **Decreto Nº 9.310, de 15 de março de 2018: Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana**. Brasília, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/2FzSc6V>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

FARIA, Raíssa Gutierrez. **Matrícula, Registro e Averbação - Qual a correta diferença?** Jusbrasil, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/3lXxLQL>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

FIG. **Statement on the Cadastre**. International Federation of Surveyors, FIG Bureau, Canberra, Australia. 1995.

FRANÇA, R. M. de; ARAUJO, A. L. BOSCATTO, F. CABRAL, C. R. COLLISCHONN, C. **Parcelas e objetos territoriais: uma proposta para o SINTER**. In: COBRAC, 2018, Florianópolis. COBRAC, 2018.

KAUFMANN, Jürg; STEUDLER, Daniel. **Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system**. Rüdlingen: FIG – Federação Internacional de Geômetras, 1998. 44p.

KLEIN, Ivandro; LIMA, Arthur Peixoto Berbert. **Estudos iniciais sobre a incerteza posicional dos vértices de imóveis urbanos a luz do SINTER**. In: Anais do XIII COBRAC. Florianópolis: 2018.

IBGE. **Reajustamento da rede altimétrica com números geopotenciais**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2007.

NASCIMENTO, Francisco Hélcio Pereira do. **O cadastro territorial multifinalitário de Fortaleza – Ceará: origem, integrações e desafios**. In: COBRAC, 2018, Florianópolis. COBRAC, 2018.

12 MÉTODOS PARA LEVANTAMENTO CADASTRAL DE PARCELAS CERTIFICADAS E NÃO CERTIFICADAS

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

IVANDRO KLEIN
ivandroklein@gmail.com

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

12.1 MEDIÇÕES CADASTRAIS PARCELARES

A fim de adequar o conceito de parcela à realidade cadastral e de legislação territorial do Brasil, França et al. (2018a) apresenta a proposta de categorização de dois tipos de parcelas: as definitivas e as provisórias. Posteriormente, os mesmos autores passaram a utilizar a nomenclatura parcela certificada e parcela não certificada, respectivamente, para a mesma categorização. Tal mudança na denominação deu-se por compreender que o processo de certificação é um dos passos que deve acontecer no fluxo cadastral.

Para distinguir esses dois tipos de parcelas e criar um relacionamento em que cadastro e registro espelhem um ao outro, os referidos autores afirmam que somente depois de serem certificadas as parcelas podem ir a registro público.

A Portaria 511/2009 do Ministério da Cidades (BRASIL, 2009) apresentou o conceito de medição parcelar em campo naquela oportunidade. Este artigo, pretende aprofundar os aspectos relacionados às medições cadastrais tanto para as parcelas certificadas quanto não certificadas.

12.1.1 Conversão de Parcelas Não Certificadas em Certificadas

As parcelas não certificadas podem ser levantadas com técnicas remotas, tais como fotogrametria ou imagens orbitais, ou podem ser incorporadas pelo município ao sistema cadastral de cartografia existente. Neste caso, o objetivo é conhecer a distribuição espacial das parcelas, servir de base para a cobrança de impostos e também na gestão do Cadastro Territorial (CT). Esse tipo de parcela não deve ser levada a registro, pelo fato de que na maioria dos métodos de levantamento remotos não é possível o atendimento da precisão posicional adequada e/ou devido à verificações de alguns limites só ser possível in loco. Além disso, é exigível a monumentalização dos vértices que definem as parcelas certificadas, devidamente reconhecidas pelos proprietários lindeiros, o que garantirá as medições de confirmações dos vértices entre vários levantamentos ao longo do tempo, assegurando a consistência geométrica do CT.

As parcelas não certificadas têm papel importante na gestão do cadastro, permitindo conhecimento da situação de fato e não apenas a legal (que possuem registro imobiliário). A presença de parcelas não certificadas já ocorre nos cadastros imobiliários dos municípios, os quais de maneira geral não espelham o registro imobiliário. Porém, a composição destas parcelas não certificadas deve ser atualizada de forma sistêmica e controlada para uma gestão eficiente do CT.

Progressivamente e sob demanda as parcelas não certificadas passam a ser certificadas por alguma movimentação necessária nos imóveis, seja uma retificação de matrícula, desmembramento, unificação de imóveis, inventário, compra e venda, ou seja, qualquer processo que venha exigir a modificação em um imóvel, seja documental e/ou física. Essa proposta de certificação ao longo do tempo foi denominada de “manutenção do cadastro” por França et al. (2018a). Nestes casos, a parcela é medida em campo para se ter

a posição dos vértices e a geometria da mesma, atendendo à qualidade exigida ao registro e pela base cadastral definitiva, que deve ser consistente não havendo sobreposição ou “buracos” entre as parcelas.

O fato dos levantamentos cadastrais acontecerem sob demanda, parece ser uma excelente alternativa na manutenção e atualização constante e também possui a vantagem de não onerar os cofres públicos com altos investimentos em curto espaço de tempo, pois o cidadão quando necessita de serviços de levantamento está disposto a investir recurso financeiro próprio, independentemente da existência de um cadastro territorial consolidado.

O discurso de realizar as medições em campo sob demanda parece não agradar quando leva-se em consideração a questão “tempo para a execução”. Entretanto, pode-se perguntar: mas o que foi feito de cadastro territorial com medição de parcelas em campo nos últimos 30 anos? Como estão sendo usados os levantamentos pagos pelos cidadãos nesse tempo?

O que vem sendo feito para os imóveis rurais é um exemplo de que ao longo do tempo e sob demanda os levantamentos acontecem, por algum motivo quando o proprietário se vê na necessidade de ter seu imóvel certificado investe recurso para realizar o georreferenciamento e o processo de certificação junto ao INCRA. O mesmo deve acontecer em área urbana, onde o CT estará integralmente levantado em campo a longo prazo, seguro, consistente, atualizável, e gerido de forma sustentável, pois são realizados sob demanda.

Para não deixar a administração municipal sem informações, principalmente na questão tributária, o CT inicia com parcelas não certificadas, permitindo a continuidade da forma já adotada. Portanto, a questão tempo não deve ser determinística, mas sim a questão qualidade dos dados levantados, estrutura do cadastro e atualização/manutenção constante e procedimentos viáveis através de normas técnicas que abarquem a necessidade do levantamento cadastral territorial.

12.1.2 Métodos de Levantamentos Indicados Para Parcelas Não Certificadas

Recomenda-se que as bases cartográficas existentes nas administrações municipais sejam utilizadas para a criação das parcelas não certificadas, permitindo rapidamente o início da gestão do CT e centrando os primeiros investimentos na implantação ou adensamento da importante Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), por exemplo. Uma base cartográfica com grande precisão posicional, de alta resolução e atualizada, é desejável para esta proposta, mas não é fundamental.

Em casos nos quais inexistente uma base cartográfica no município ou quando ela está desatualizada a ponto de prejudicar a gestão do CT, faz-se necessária a elaboração de uma nova base cartográfica para definição das parcelas não certificadas. A base cartográfica gerada deve permitir a identificação das feições topográficas que normalmente definem os limites físicos das parcelas (muros, cercas, alambrados, gradis, calçadas, eixo de logradouros, acidentes geográficos, entre outros). O processo aerofotogramétrico por RPA atende perfeitamente à finalidade de criar as parcelas provisórias (França et al., 2018b).

A nova base cartográfica deve ser elaborada por processos de sensoriamento remoto para se obter uma ortofoto verdadeira, ou seja, as feições presentes na ortofoto são devidamente projetadas ortogonalmente ao sistema de projeção, e não somente o que está em contato com a superfície topográfica. Biasion et al. (2004) apresenta um estudo comparativo entre ortofotos convencionais e verdadeiras para a representação de feições urbanas em cartas de grande escala. A Figura 1 ilustra um exemplo de ocorrência de deslocamento vertical comum em ortofotos convencionais.



Figura 1: Ortoimagem convencional (esquerda) e ortofoto verdadeira (direita). Fonte: Do Autor.

Outras recomendações mínimas para a criação de parcelas não certificadas são:

i) Uso de ortofotos com GSD – Ground Sample Distance, final máximo de 5cm, considerando que as feições que definem as parcelas possuem comumente numa de suas dimensões pelo menos 10cm (a exemplo de um muro);

ii) Desvio padrão posicional da ortofoto melhor que três vezes o valor do GSD, devidamente atestado estatisticamente com pontos de checagem medidos em campo ou execução do voo apoiado com RTK (GNSS cinemático em tempo real) ou PPK (GNSS cinemático pós-processado);

iii) Preferivelmente que as fotografias sejam obtidas em campo com a presença de sombras, facilitando a interpretação das feições que definem as parcelas (como também demonstrado na Figura 1);

iv) A criação das parcelas 2D não certificadas deve ser vetorial, executada diretamente sobre ortofoto verdadeira em 2D ou mesmo através da restituição 3D diretamente sobre o modelo fotogramétrico. Podem-se usar certidões do registro de imóveis e plantas dos projetos de parcelamentos para auxiliar, quando não existem feições delimitando as parcelas.

Como as parcelas não certificadas são geradas por métodos remotos, comumente ocorrem discrepâncias entre a realidade e o resultado obtido no processo de fotointerpretação. França et al. (2018b) indica que na área urbana são comuns erros de interpretação das parcelas por falta de feições em campo ou mesmo oclusões, além de limites improváveis ocorrerem de fato (Figura 2). A não verificação de campo pode incorrer em erros de definição da parcela, necessitando ajustes no futuro. Porém, ainda conforme os mesmos autores estes ajustes devem ocorrer sob demanda, de forma administrativa ou via processos de Agrimensura.

Por fim, quanto melhor a precisão posicional da base cartográfica, mais assertivo será o processo de certificação automatizado no futuro, permitindo economia substancial nas análises quando do protocolo de peças técnicas no sistema de gestão do CT.



Figura 2: Definição dos limites da parcela pode ser impossível de identificar sem visita a campo. Fonte: França (2018).

12.1.3 Métodos de Levantamentos Indicados Para Parcelas Certificadas

Em uma situação ideal, os métodos de levantamentos para parcelas certificadas devem estar vinculados a RRCM. O município deve iniciar a estruturação do CT pela implantação da RRCM, tendo regras para sua utilização e densificação. A norma técnica NBR14166 (ABNT, 1998) em vigor não viabiliza o procedimento com as necessidades atuais. A mesma está em processo de revisão e deve apresentar as soluções necessárias para implantação e densificação da RRCM. Em uma situação de inexistência da RRCM, o município pode adotar o Sistema Geodésico Brasileiro - SGB como referência, até que se estruture a rede, mas o custo para a implantação de uma rede é relativamente baixo quando se tem procedimentos para a densificação e com auxílio dos próprios profissionais que executarão os levantamentos, sendo a RRCM ampliada na extensão territorial do município ao longo do tempo.

O SGB está bem estruturado em nível nacional com a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC distribuída por todo país. Até mesmo a região amazônica encontra-se contemplada pela rede. A Figura 3 mostra um mapa do Brasil e a distribuição da RBMC considerando distâncias entre os vértices. Conforme se verifica, não existem locais no Brasil com distância superior a 500 Km de um vértice da RBMC. Considerando a rede passiva esses valores de distanciamento diminuem, mas atualmente a RBMC consegue dar suporte para a implantação de uma rede ajustada em qualquer município brasileiro. As regiões Nordeste, Sudeste, Sul e grande parte do Centro Oeste estão contemplados com vértices da RBMC a no máximo 200Km.

De fato, os métodos de levantamento de parcelas têm se tornado mais simples e as soluções tecnológicas mais sofisticadas. Basta observar a popularização dos métodos de posicionamento por satélite com correção em tempo real (rádio ou NTRIP), somado ao uso de Estações Totais com recursos de medição sem prismas e programas com inúmeros recursos de soluções e cálculos em tempo real ou interação com programas computacionais.

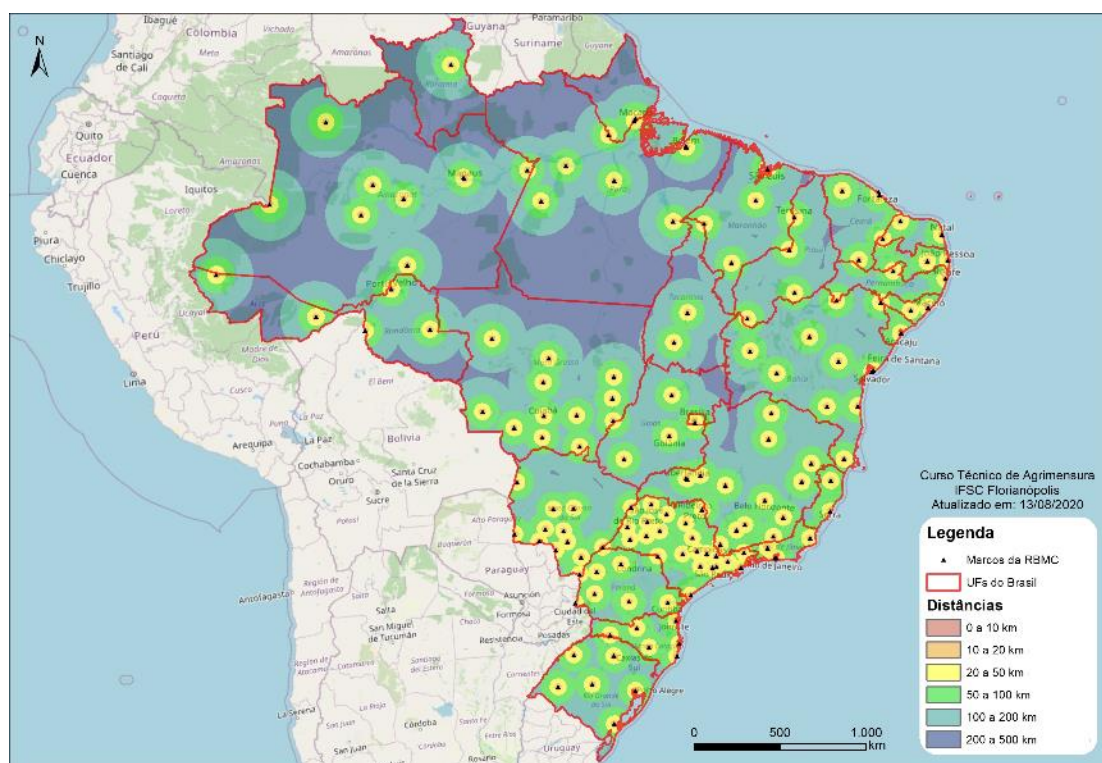


Figura 3: Mapa da RBMC e distância entre os vértices.

O processamento dos dados GNSS ou com Estação Total podem ser realizados em tempo real, ou seja, em campo já se tem a coordenada do ponto levantado, ou pós-processado, quando os dados precisam ser tratados em escritório. A Tabela 1 apresenta um resumo dos principais métodos de levantamento atuais para parcelas certificadas e o tipo de processamento.

Tabela 1- Tipos de processamento de dados e técnicas de levantamento para medições de parcelas certificadas

	GNSS	Topografia	Método complementar
Processamento em tempo real	RTK via rádio RTK-NTRIP.	Irradiação (coordenadas retangulares) Estação livre.	---
Pós processamento	Estático Estático rápido <i>Stop and go.</i>	Irradiação (ângulos e distâncias) Alinhamento Estação livre Poligonação	Interseção linear Interseção angular Alinhamento (trena).

Acerca dos métodos de posicionamento por satélite citados maior aprofundamento pode ser encontrado em Klein e Guzatto (2018) e Monico (2007). Sobre os métodos topográficos e seu detalhamento, em de Cabral e Hasenack (2018) e Cabral et al. (2018). Para os métodos complementares citados, em França (2018).

Oportuno destacar que os métodos elencados em muitos casos possibilitam a medição do vértice em 3D, mas a base cadastral do CT não demanda a componente vertical. Tal componente deverá ser utilizada nos levantamentos de Objetos Territoriais (OT) que sejam relacionados com a parcela, quando se fizerem necessários.

12.2 MATERIALIZAÇÃO DOS VÉRTICES DOS IMÓVEIS URBANOS

Para as parcelas certificadas, que sejam objeto de algum processo de agrimensura, deve-se levar em consideração alguns critérios: i) os limites da parcela devem ser identificados e verificados em campo; ii) os vértices da parcela devem ser materializados, sobretudo nos locais em que exista a possibilidade de demarcações físicas e estáveis; iii) no caso de indefinição dos limites, deve-se realizar um levantamento

preliminar da área de interesse e seu entorno para confrontação com documentação existente para, então, implantar os vértices necessários e medi-los novamente a fim de conferir seu posicionamento.

Os vértices limites das parcelas devem ser identificados em campo, pois em imóveis urbanos encontram-se abundantemente localizados em elementos construtivos, sendo muito comum que os mesmos sejam cantos de muros, mourões de cerca, entre outras estruturas. A Figura 3 apresenta um exemplo de elemento construtivo não coincidente com marcos de concreto implantados em um loteamento. Em uma primeira impressão, pode-se tirar a conclusão de que os marcos são originários do loteamento e a construção veio a preservar os mesmos, mas para evitar interpretação errônea deve-se verificar junto ao proprietário e à documentação do imóvel.



Figura 3: Exemplo de construção e marcos implantados.

A materialização dos vértices das parcelas é de vital importância para a garantia da consistência da base cadastral, pois as coordenadas de parcelas lindeiras devem ser exatamente as mesmas de uma parcela levantada e certificada e, para que isso ocorra, deve haver um controle de qualidade nas medições. Essa igualdade só se torna possível quando se tem a certeza que em momentos distintos diferentes profissionais mediram exatamente o mesmo ponto. Num novo levantamento no qual o vértice não foi encontrado, mas um dia foi materializado, é um indício de que o vértice medido a um determinado tempo pode ter sido alterado por uma reforma de um muro, por exemplo.

Os vértices das parcelas podem ser demarcados com marcos de concreto, marcos de pedra, marcos de material sintético, pinos metálicos, parafusos metálicos, placas, plaquetas ou qualquer outro material estável que tenha perenidade e que possa perfeitamente identificar o limite da parcela. Quando demarcados em estruturas já construídas é recomendado que os vértices sejam materializados o mais próximo possível da superfície topográfica.

A Figura 4 apresenta dois exemplos ilustrativos: uma situação na qual os muros do terreno foram construídos de forma a preservar o marco de concreto implantado no loteamento; e outra na qual a materialização foi executada com pino na parte superior do muro por não haver condição de ser demarcado na parte mais próxima a superfície.



Figura 4: Exemplo de materialização com marco de concreto (esq.) e materialização com pino na parte superior do muro (dir.)

12.3 MEDIÇÕES COMPARATIVAS PARA VERIFICAÇÃO DE TOLERÂNCIA NA PARCELA CERTIFICADA

Para se ter um controle nas medições dos vértices das parcelas levantadas em campo se faz necessária a determinação de procedimentos a serem realizados durante os levantamentos.

Cada novo vértice determinado por levantamento de campo deve ter sua posição garantida por medidas de controle, independentes e complementares. As medidas simples sem controle são suficientes para a confecção de plantas, cartas ou cálculos das coordenadas plano retangulares. Entretanto, por si só, as medições sem controle não protegem contra possíveis erros cometidos ao longo da coleta de dados que podem levar o vértice a não estar com a qualidade mínima necessária. Para que a determinação geométrica dos vértices da parcela possa proporcionar garantias técnicas e jurídicas (legais) visando à integração desta nos registros públicos, é imprescindível a realização de medidas complementares de controle cujos resultados devem atender a precisão exigida e estabelecida em norma técnica específica.

Ao se levantar uma parcela em campo, cada medição deve ser conferida por ao menos uma segunda medição de controle para a verificação ainda no local de possíveis erros grosseiros e/ou sistemáticos. Quando possível, tal controle deve ocorrer em todos os vértices, mas em casos específicos poderá ser de forma amostral, pois em área urbana existem muitos locais de difícil acesso por causa de elementos construtivos.

Basicamente, há duas maneiras de se controlar os dados em campo no ato da medição. A primeira é tomar medidas redundantes dos vértices das parcelas, seja por diferentes técnicas (por exemplo, irradiação com estação total e rastreamento GNSS) ou utilizando a mesma técnica, mas medindo o vértice de locais distintos (por exemplo, pelo método de irradiação a partir de duas estações diferentes). Nestes casos, realiza-se um comparativo entre as coordenadas obtidas e verifica-se o atendimento da tolerância que deve ser de três vezes a precisão posicional esperada para os vértices das parcelas.

A Figura 5 mostra um exemplo de vértices de uma parcela sendo mensurada de estações distintas através de irradiação com Estação Total.

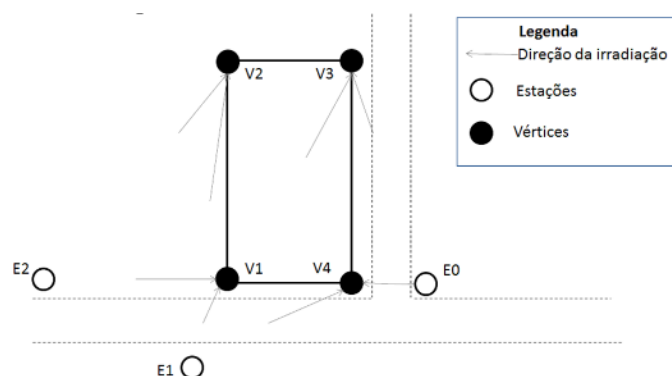


Figura 5: Exemplo de vértices de parcela medidos por estações distintas

Outra forma de se ter um controle das medições em campo é realizar medidas lineares entre os vértices e compará-las com a distância plana calculada pelas coordenadas. O controle realizado dessa forma é um controle relativo e não posicional, mas que pode ser empregado quando este último não puder ser aplicado. Para a aceitação das medições por este método pode-se aplicar a fórmula (1) de tolerância apresentada na NBR14645-1 (ABNT, 2001).

$$TTT \ T = 0,006 * \sqrt{L} \quad (1)$$

Onde:

T tolerância posicional (em metros)

0,006 valor fixo e constante

L comprimento linear medido (em metros)

A Figura 6 mostra um exemplo de medições lineares comparativas, descritas junto aos alinhamentos da parcela e medidas calculadas pelas coordenadas, ambas também apresentadas na tabela junto à figura. Em todos os alinhamentos do exemplo, a diferença entre a distância medida diretamente com a calculada atendeu à tolerância posicional.

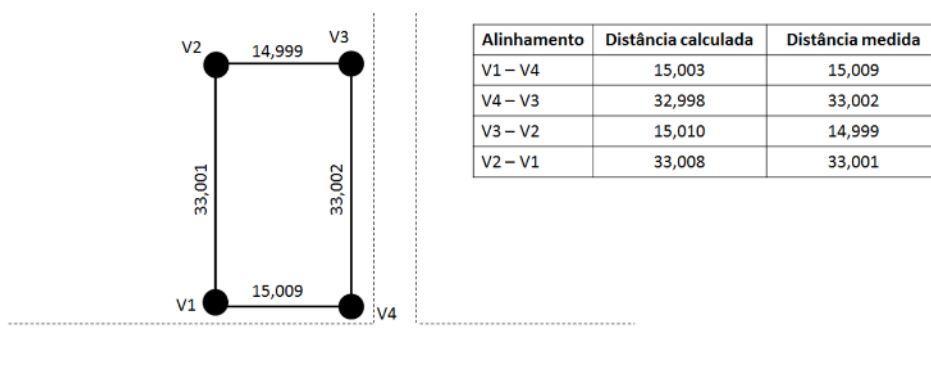


Figura 6: Exemplo de controle relativo das medições de vértices de parcelas

Fonte: Do Autor

Ambos os procedimentos expostos auxiliam de forma efetiva o controle de qualidade das medições, muitas vezes ainda em campo. Além dos cuidados e controle de qualidade tomados no levantamento de parcelas certificadas, a mesma ainda sofrerá medidas comparativas ao longo do tempo quando forem realizados os levantamentos das parcelas lindeiras. Ao se medir uma parcela lindeira a uma outra certificada os vértices em comum (já certificados) devem ser medidos novamente para verificação do posicionamento dos mesmos, a exemplo do que ocorre no cadastro rural.

A distância plana entre a coordenada existente e a nova coordenada determinada deve estar dentro da tolerância de três vezes a precisão posicional para os vértices. Caso a comparação esteja dentro da tolerância se mantém a coordenadas medida na certificação da primeira parcela. Caso contrário, o sistema cadastral e o profissional que realizou o primeiro levantamento devem ser acionados para a apuração da divergência.

Esse procedimento de controle será em um prazo mais longo, mas se ambas as parcelas forem medidas com técnicas adequadas e com o controle de qualidade sugerido, as chances de divergência são muito pequenas.

12.4 CONCLUSÕES

As novas tecnologias possibilitam oportunidades para o levantamento das parcelas certificadas ou não certificadas com rapidez e qualidade. O uso de RPAs, fotografias digitais e processamento digitais, fazem das imagens aéreas uma grande ferramenta para o CT em área urbana. As técnicas de posicionamento por satélite, a ampliação dos sistemas contando atualmente com multiconstelações e a melhoria da RBMC, tornam o uso dessas técnicas mais frequente, rápida e precisa quando comparado com alguns anos atrás.

As técnicas de posicionamento por satélite somadas aos equipamentos de medições por topografia convencional, que hoje possuem muitos recursos nos levantamentos em campo, tornam as medições mais rápidas e mais precisas quando se compara com o uso de teodolitos, trenas ou pelos métodos de taqueometria com utilização de miras.

Considerando basicamente as técnicas apresentadas e visualizando novas possibilidades em um futuro próximo, é de grande importância ter claro os procedimentos a serem tomados para as medições das parcelas, sobretudo no caso das parcelas certificadas.

A materialização dos vértices e as medições de controle devem fazer parte do conceito de medição cadastral, bem como a verdadeira identificação dos limites em campo com verificação junto aos proprietários e seus confrontantes.

Por fim, conclui-se que o amadurecimento do sistema cadastral brasileiro deve considerar também a estrutura das medições cadastrais apresentadas neste artigo e que as normas técnicas possam evoluir em suas atualizações para subsidiar essa demanda.

12.5 Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento**. ABNT: Rio de Janeiro, 1998. 23p.

_____. **NBR 14.645-1: Elaboração do “como construído” (as built) para edificações Parte 1: Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área até 25 000 m², para fins de estudos, projetos e edificação – Procedimento**. ABNT: Rio de Janeiro, 2001. 10p.

ARAÚJO, Adolfo Lino de; BOSCATTO, Flávio; FRANÇA, Rovane Marcos de. **A componente vertical no cadastro 3d e o SINTER**. In: VII Simgeo Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2018, Recife. Anais do VII SIMGEO. Recife: UFPE, 2018. p. 1109-1117. Disponível em: < <https://bit.ly/32uOH9m> >. Acesso em: 27 ago. 2020.

BIASION, Andrea; DEQUAL, Sergio; LINGUA, Andrea. **A new procedure for the automatic production of true orthophotos**. The International Archives Of Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, [S. L.], v. 01, n. 2004, p. 1682-1777, jan. 2004. Disponível em: < <https://bit.ly/3lqCIHX> >. Acesso em: 26 ago. 2020.

BOSCATTO, Flavio. **Levantamentos para agrimensura: topografia e agrimensura para cursos técnicos**. Editora do IFSC: Florianópolis, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União**. Brasília, 2018.

_____. Ministério das Cidades. **Portaria Nº 511, de 7 de dezembro de 2009: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros**. Brasília, 2009.

CABRAL, César Rogério; HASENACK, Markus. **Poligonais: topografia e agrimensura para cursos técnicos**. Editora do IFSC: Florianópolis, 2018.

CABRAL, César Rogério; HASENACK, Markus; BOSCATTO, Flavio. **Estação Livre: topografia e agrimensura para cursos técnicos**. Editora do IFSC: Florianópolis, 2018.

FRANÇA, Rovane Marcos de. **Levantamento de Detalhes: topografia e agrimensura para cursos técnicos**. Editora do IFSC: Florianópolis, 2018.

FRANÇA, R. M. de; ARAUJO, A. L. BOSCATTO, F. CABRAL, C. R. COLLISCHONN, C. **Parcelas e objetos territoriais: uma proposta para o SINTER**. In: COBRAC, 2018, Florianópolis. COBRAC, 2018a.

FRANÇA, R. M. de; BOSCATTO, F; ARAÚJO, A. L. **Uso de RPAS para definição de parcelas provisórias do cadastro territorial**. In: VII SIMGEO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. 2018, Recife. Anais do VII SIMGEO. Recife: UFPE, 2018b. p. 1223-1232. Disponível em: <<https://bit.ly/32uOH9m>>. Acesso em: 27 ago. 2020.

KLEIN, Ivandro; GUZATTO, Matheus Pereira. **Métodos de levantamento por satélites: topografia e agrimensura para cursos técnicos**. Editora do IFSC: Florianópolis, 2018.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2007.

13 UMA PROPOSTA DE CADASTRO TERRITORIAL PARA O BRASIL

CESAR ROGÉRIO CABRAL
ccabral@ifsc.edu.br

MARKUS HASENACK
hasenack@ifsc.edu.br

ROVANE MARCOS DE FRANÇA
rovane@ifsc.edu.br

ADOLFO LINO DE ARAÚJO
adolfo.lino@ifsc.edu.br

FLAVIO BOSCATTO
flavio.boscatto@ifsc.edu.br

13.1 INTRODUÇÃO

A implantação de um sistema cadastral deve objetivar ao atendimento das necessidades de informações territoriais organizadas, bem como possibilitar a utilização do mesmo na geração de produtos que possam atender as multifinalidades que se apresentam para uma boa gestão municipal.

Embora não se tenha no Brasil um sistema cadastral propriamente dito, reconhece-se que a Lei Federal 10.267/2001 (BRASIL, 2001), conhecida como a Lei do Georreferenciamento de Imóveis Rurais, é o grande marco legal brasileiro em termos de Cadastro Territorial e que o conteúdo dos seus artigos, e posteriormente dos decretos que a regulamentaram, foi fortemente inspirado e apoiado nos princípios cadastrais propagados pela Federação Internacional dos Geômetras – FIG.

A visão de futuro para o Cadastro apresentada pela FIG na década de 1990 estava contida nas seis declarações do documento Cadastro 2014, quais sejam: i) Situação completa do território incluindo direitos e restrições, ii) Integração entre dados cartográficos e registrais, iii) Substituição da cartografia cadastral por modelos de dados, iv) Soluções para dados cadastrais digitais, v) Favorecimento das parcerias público-privadas, e vi) Cadastros autossustentáveis. Em diferentes graus, as declarações nortearam a implantação e modernização de sistemas cadastrais em todo o mundo e não parecem ter perdido sua validade (FIG, 1995; KAUFMANN e STEUDLER, 1998).

No Brasil, esta visão futurista para o Cadastro chegou em meados da década de 2000 e impactou a lei 10267/2001 que trouxe para o cenário nacional diversos conceitos cadastrais preconizados pela FIG, tais como: parcela, vértice definidor de parcela, precisão e tolerância das coordenadas dos vértices definidores, código unívoco de parcela, rede de referência cadastral, normatização de métodos de levantamentos cadastrais, completude cadastral, execução do cadastro ao longo do tempo, atualização cadastral, procedimentos de acreditação/certificação, entre outros. O presente trabalho compartilha esta visão e busca aplicá-la em suas propostas.

A referida lei, os decretos regulamentadores, a norma e os manuais técnicos que a subsidiam possuem algumas limitações. De um lado o seu alcance é restrito aos imóveis rurais, de outro, existe um conjunto de fragilidades que ainda carecem de aprimoramento (ARAÚJO, et. al, 2018). Entretanto, as suas boas práticas sedimentadas ao longo de quase 20 anos de aplicação podem e devem ser aproveitadas quando se busca esse ajuste conceitual a fim de definir os elementos de um Cadastro Territorial para o Brasil. Duas destas boas práticas são fundamentais neste sentido: o mecanismo de certificação de parcelas e a correspondência entre parcelas certificadas e matrículas.

Mais recentemente, a FIG tem divulgado uma outra visão sobre Cadastro, um tanto mais abrangente, que reconhece as particularidades de cada local em relação ao grau de maturidade (ou até a inexistência) do sistema cadastral e as condições legais e estruturais para a sua implantação e/ou modernização. Os princípios de fit-for-purpose land administration estão baseados em três eixos de ação: o foco no propósito de atendimento às necessidades locais de gestão territorial, um design espacial flexível para o Cadastro, e as melhorias incrementais para continuidade e aplicabilidade (FIG, 1995; FIG, 2015; ONU, 2016).

A definição dos elementos mínimos e necessários de um Cadastro Territorial para o Brasil é uma tarefa desafiadora, que passa por uma revisão conceitual em alguns pontos, haja vista que muito já foi apresentado em publicações de periódicos, dissertações e teses sobre o assunto. Faz-se necessário, ao mesmo tempo, olhar para trás para capturar a essência do tema, compreender a atualidade para garantir viabilidade e projetar adiante para assegurar sustentabilidade.

Neste sentido, a proposta do presente trabalho busca harmonizar mais de 30 anos de pesquisa sobre o Cadastro no Brasil, com atendimento aos princípios e conceitos cadastrais da FIG e ao arcabouço legal e de conjuntura cadastral nacional. Os capítulos que se seguem estão assim dispostos: O Capítulo 2 apresenta a situação do Cadastro Territorial no Brasil; o Capítulo 3 elenca o conjunto de premissas técnicas necessárias que devem ser atendidas na estruturação um sistema cadastral adequado às condições técnicas e jurídicas existentes, além de sugestão de adoção de outras medidas que visem a melhorar e aperfeiçoar o sistema; o Capítulo 4 apresenta uma discussão acerca do conceito de parcela e objetos territoriais (e suas relações com a matrícula) e uma proposta de definição para ambos, adequada à nossa realidade; o Capítulo 5 aborda a necessidade da rede de referência, a necessidade de atualização normativa e as sugestões para tal; o Capítulo 6 apresenta o arranjo proposto e o fluxo de funcionamento para o sistema cadastral; e, por fim, o Capítulo 7 apresenta o conjunto de conclusões do trabalho.

13.2 A SITUAÇÃO DO CADASTRO TERRITORIAL NO BRASIL

Idealmente todo município brasileiro deveria ter um Cadastro Territorial, cobrindo a totalidade de seu território, para os fins a que este se destina, porém, não existe previsão legal para que isto aconteça. O município, então, fica na dependência que a sua equipe de gestores entenda dos propósitos e benefícios que um Cadastro Territorial, minimamente organizado, vai proporcionar aos munícipes. Santos e Antunes (2020) em pesquisa em oito municípios sobre regularização fundiária constataram a inexistência de cadastro nestas áreas dificultando a realização dos trabalhos e a diminuição dos custos envolvidos no processo.

Cada município procura manter um cadastro para fins fiscais, visando a arrecadação de impostos na área urbana, como principal foco e objetivo do sistema. Para isto, os limites dos imóveis são levantados por sensoriamento remoto e recebem um código denominado inscrição imobiliária, além de informações necessárias à composição das equações para a determinação do valor do imposto, sendo as demais informações territoriais e jurídicas relativas às parcelas dispersas ou inexistentes.

Entre as municipalidades, a primeira situação que se pode apontar é referente à total ausência do cadastro para qualquer finalidade, nem sequer a informação para a cobrança de tributos relativos à propriedade. Nenhuma informação espacial é utilizada para o gerenciamento municipal.

A segunda situação é aquela em que uma parte do município, normalmente as áreas mais urbanizadas e valorizadas, dispõe de um cadastro minimamente organizado para o cumprimento das funções fiscais. Nestes casos é possível encontrar plantas de quadra em papel e um banco de dados das informações suficientes para a cobrança de impostos. Em outros raros casos, possuem um sistema de informações com a cartografia em meio digital.

O terceiro grupo de cidades tem um cadastro compondo o que se denomina cadastro multifinalitário com várias informações disponíveis aos gestores e a população em geral, com setores específicos para atualizar, e em alguns casos até desenvolver, seus sistemas de informação. Dentro deste grupo, uma pequena parte consegue integrar os vários setores que necessitam da informação espacial e também ampliam suas redes de referência cadastral, não se limitando aquela que foi implantada na confecção do cadastro.

Outro componente fundamental quando se pensa em Cadastro Territorial é o sistema de registro de imóveis, que está implantado em todo o país, organizado em circunscrições imobiliárias que cobrem tanto a área urbana quanto a rural. Para efeitos de registros, a propriedade recebe um número denominado matrícula e nela são anotadas algumas características dos imóveis que em tese deveriam ser fruto de um levantamento executado in loco por topografia. A relação proposta entre parcela e matrícula será abordada mais adiante no capítulo 12.4.

A base física do registro é o imóvel material, ou seja, a área de terra delimitada. Segundo Mello (2006) a matrícula representa a individualidade do imóvel, sua situação geográfica e perfeita descrição, sofrendo alterações objetivas e subjetivas através de averbações.

O Cadastro Territorial e o Registro deveriam um espelhar o outro, ou seja, o registrado é o cadastrado e vice-versa. Como isto não acontece, os registradores vêm buscando soluções para especializar as matrículas criando um cadastro próprio do que está matriculado. Ressalta-se que os memoriais descritivos mais recentes possuem coordenadas definidoras dos limites dos imóveis que são levadas a registro. Também os dois números identificadores do imóvel, matrícula no registro de imóveis e inscrição imobiliária na prefeitura, que deveriam constar em ambos nem sempre refletem o mesmo objeto.

Na área rural a União vem realizando um Cadastro Territorial com um conjunto de procedimentos legais e normativos para a realização do cadastro rural, através do georreferenciamento de imóveis rurais,

mas que também possui informações dispersas e incompletas tendo em vista um sistema cadastral funcional e autossustentável. O sistema certificador de imóveis rurais ainda possui fragilidades, porém é um exemplo a ser analisado do que pode funcionar para os cadastros no Brasil.

Para Araújo et al. (2018) como benefícios do avanço, pode-se citar a agilidade nos processos de certificação, a padronização nas descrições dos imóveis e parcelas, além de dar ao profissional habilitado a devida responsabilidade do trabalho realizado.

Além do cadastro territorial rural, a União mantém outros cadastros relativos ao território e às áreas por ela controladas. A Secretaria do Patrimônio da União (SPU) que deveria por competência administrar os bens da União estabelecidos no artigo 20 da Constituição Federal (BRASIL, 1998), não possui um cadastro territorial com as informações sobre a totalidade destes bens.

A SPU vem tentando realizar as demarcações e homologação de duas importantes definições de divisão territorial que afetam milhares de pessoas por sua indefinição tanto jurídica quanto posicional, que são as linhas que definem os Terrenos de Marinha e a Linha Média das Enchentes Ordinárias.

Também mantém cadastros próprios ou informações territoriais no âmbito da União: a Fundação Nacional do Índio - FUNAI, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o Ministério do Meio Ambiente, a Receita Federal, a Secretaria Especial de Assuntos Fundiários, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, estatais de energia, entre outras agências do poder executivo.

Os estados também executam ou mantém cadastros através de seus Institutos de Terras, ou departamentos fundiários e das Secretarias de Meio Ambiente realizando levantamentos para fins de regularização fundiária, discriminação de terras públicas e solução de conflitos fundiários e cadastro ambiental, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

As companhias responsáveis por serviços de infraestrutura como saneamento e energia mantêm cadastros com as mesmas informações territoriais que as prefeituras. Também elaboram normas técnicas para levantamento e execução destes cadastros de forma unilateral para atender tão somente suas finalidades.

A rede de referência cadastral que é o elemento garantidor da geometria e da precisão dos levantamentos, que deveria ser única para todas as finalidades do cadastro, quando existente, é realizada de forma independente e individualmente pelas entidades governamentais citadas, cada qual tentando resolver seu problema ignorando as redes já implantadas.

A unificação dos elementos básicos do Cadastro Territorial certamente facilitaria o compartilhamento de informações, reduziria os custos de execução, manutenção e atualização e ainda possibilitaria a ampliação das multifinalidades a que se propõe um cadastro moderno. Enquanto se discute cadastros 3D, colaborativos, acessíveis, os municípios não conseguem realizar o básico Cadastro Territorial 2D.

13.3 PREMISSAS PARA O CADASTRO

O instrumento legal que autoriza a implantação de tal sistema cadastral territorial nos municípios brasileiros é contemplado pelo inciso VIII, Art. 30, da Constituição da República, promulgada em 5 de outubro de 1988, que responsabiliza o município na construção, consolidação e manutenção, o qual afirma que: “compete aos municípios, entre outras obrigações, promover, no que couber, adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo urbano.”

O adequado ordenamento territorial somente é viável mediante o conhecimento preciso do território administrado e a condição para tal passa obrigatoriamente por um Cadastro Territorial perfeitamente integrado com o Registro de Imóveis.

De modo a nortear uma proposta viável de implantação de um Cadastro Territorial para o Brasil, foram elencadas algumas premissas, que devem ser atendidas para que se possa estruturar um sistema cadastral adequado às condições técnicas e jurídicas existentes, assim como a adoção de outras medidas que visem a melhorar e aperfeiçoar o sistema, quais sejam:

- Premissa 1: O Cadastro deve ser parcelar, num sistema básico comum que serve, com exclusividade, apenas para a identificação da parcela territorial para a comprovação oficial dos seus limites (PHILIPS, 2004). A parcela territorial é a unidade básica do Cadastro Territorial (FIG, 1995).

- Premissa 2: A existência de Rede de Referência. Condição básica do cadastro, densificada ao nível de levantamentos de limites legais apoiados em uma norma técnica, fundamentada no Sistema Geodésico Brasileiro. A norma NBR 14.166 (ABNT, 1998) trata do procedimento para implantação da rede de referência Cadastral Municipal. Atualmente, tal norma está sendo reestruturada, ainda sem data para consulta pública.

- Premissa 3: O Cadastro Territorial por medição em campo. O levantamento dos vértices definidores das parcelas deve ser executado in loco por medição de campo, apoiado na rede de referência com as precisões propagadas, atendendo tolerâncias previstas em normas técnicas, como ocorre nos países de referência na área. O levantamento para o Cadastro Territorial deve ser por medição de campo sobre cada vértice definidor da parcela uma vez que os seus limites legais são invisíveis e não representam as feições

reais (pseudolimites representados geralmente por cercas e muros) existentes em campo e que materializam a ocupação de fato do território.

- Premissa 4: A demarcação dos vértices dos imóveis. Todos os vértices dos imóveis devem ser demarcados sempre que visíveis, acessíveis, estáveis e conveniente. A materialização dos vértices dos imóveis deve ser indicada nos originais de levantamentos de campo (croquis) e na carta cadastral. A materialização dos vértices dos imóveis deve atender a finalidade quanto à durabilidade, pois eles são a certeza de que uma nova medição de verificação seja realizada fisicamente sobre o mesmo vértice para dirimir dúvidas futuras. O vértice permanecendo demarcado em campo é forte indício que não sofreu mudança na posição por reconstrução da feição onde ele foi materializado, como muros, cercas e edificações, por exemplo.

- Premissa 5: A previsão para multifinalidades do Cadastro Territorial. O cadastro das parcelas territoriais deve servir de base geométrica e legal (oficial) para os outros cadastros temáticos que formam em conjunto um Cadastro Territorial Multifinalitário. São exemplos de cadastros temáticos os de infraestrutura, fiscal, ambiental, geotécnico, logradouros, ocupação do solo, entre outros.

- Premissa 6: A integração entre Registro de Imóveis e o Cadastro Territorial. O princípio da especialidade do Registro de Imóveis e a observação do direito de propriedade são atendidos quando, na caracterização espacial do imóvel envolvendo sua localização e dimensões, não hajam lacunas e nem superposições considerando a totalidade do território. A precisa caracterização espacial do imóvel passa obrigatoriamente por um Cadastro Territorial que deve ser interconectado com o Registro de Imóveis.

- Premissa 7: A necessidade de profissionais habilitados e credenciados para a execução dos levantamentos. Os profissionais que executarão o cadastro devem ter formação compatível com as suas habilitações estabelecidas pelos conselhos profissionais.

- Premissa 8: O aproveitamento de normas técnicas existentes. Existe atualmente um conjunto bastante significativo de leis e normas técnicas, tanto da ABNT quanto de entidades regulamentadoras, que já são difundidas e de conhecimento dos profissionais e que deverão ser aproveitadas para a execução desta proposta.

- Premissa 9: As precisões posicionais dos levantamentos. Definidas em normas técnicas de forma a serem compatíveis com a realidade e sustentadas tecnicamente.

- Premissa 10: A utilização de produtos de sensores remotos, mais apropriada aos levantamentos em massa, diminuindo os custos na elaboração de cartas de feições que podem ser aproveitadas para a criação de parcelas provisórias (parcelas não certificadas, conforme será abordado mais adiante), aproximação inicial para um Cadastro Territorial.

- Premissa 11: O aproveitamento dos cadastros municipais fiscais, que são elaborados considerando a ocupação de fato do território e não a jurídica e tem como chave de localização a inscrição imobiliária. Igualmente aos produtos de sensores remotos podem ser aproveitadas para a criação de parcelas provisórias.

13.4 PARCELA E OBJETOS TERRITORIAIS

Ao longo das últimas décadas, desde que o tema Cadastro tem sido debatido no Brasil, busca-se uma adequação dos vários conceitos e conteúdos relacionados ao Cadastro Territorial, de forma que se possa adotar uma estrutura ou modelo cadastral em nosso país.

Qualquer tentativa deve levar em consideração as premissas técnicas já elencadas nos capítulos anteriores e vislumbrar que para cumprir as suas finalidades e ser viável o Cadastro Territorial para o Brasil deverá ser, necessariamente, flexível, simples, completo e atualizado.

Esta afirmação não implica em descartar os conceitos internacionalmente aceitos e sedimentados de Cadastro, pelo contrário, os princípios cadastrais que nortearam os países mais desenvolvidos nesta área devem ser observados, estudados e ajustados à nossa realidade para que aqui se possa produzir resultados semelhantes aos alcançados internacionalmente.

De forma a adequar os conceitos à nossa realidade e oferecer a posição dos autores acerca do assunto, apresenta-se a seguinte definição da parcela:

A parcela é a unidade do Cadastro Territorial, constitui uma porção territorial de extensão contínua, definida por seus vértices de limite.

Esta definição está em consonância e atende aos princípios cadastrais internacionais além de ser suficientemente ampla e flexível para abarcar as mais diversas situações nas quais se possa modelar a existência de parcelas (Capítulo 12.3, Premissa 1).

A continuidade espacial da parcela referida na definição acima é um conceito com relação com a unidade dominial, as causas jurídicas que a originam (imóvel registrado ou não, existência de títulos de domínio, entre outros) e a localização político-administrativa (estado, município), conforme discutido em França et. al (2018a) e Brandão (2003). Em relação aos vértices de limite definidores da parcela, estes devem ter coordenadas georreferenciadas e a parcela deve receber um código de identificação que seja único (não se repete em outra parcela), inequívoco (identifica perfeitamente a parcela e não se confunde com outros

tipos de códigos) e estável (permanece vinculado a parcela no tempo, quando esta sofre alteração nos limites novo código lhe é atribuído).

Em termos de simplicidade conceitual aplicada ao Cadastro Territorial, destaca-se a solução dada pela Lei Federal 10.267/2001 (BRASIL, 2001), para a qual o conceito de imóvel (rural, no caso) adotado é o mesmo da lei de Registros Públicos, Lei Federal 6.015/1973 (BRASIL, 1973), o que simplificou imensamente o entendimento de parcela e a sua adequação à legislação territorial em vigor no Brasil, além de promover efetivamente a integração cadastro registro. O conceito da lei 10.267/2001 para parcela é o de que esta deve corresponder à matrícula e, por consequência, ao imóvel. Para os fins previstos em lei, parcela, imóvel e matrícula correspondem a um mesmo objeto (BRASIL, 2013a).

Na base de dados cadastrais do INCRA, que é o órgão gestor do cadastro territorial rural, há apenas parcelas que passaram por um processo de certificação (Figura 1). Conforme será abordado mais adiante, essa compreensão pode ser ampliada admitindo tipos diferentes de parcelas. Entretanto, esta prática do cadastro territorial rural tem se mostrado capaz de promover a integração cadastro registro com simplicidade conceitual e adequação legal, e deve nortear a estruturação de um modelo cadastral viável que abarque tanto parcelas rurais como parcelas urbanas.

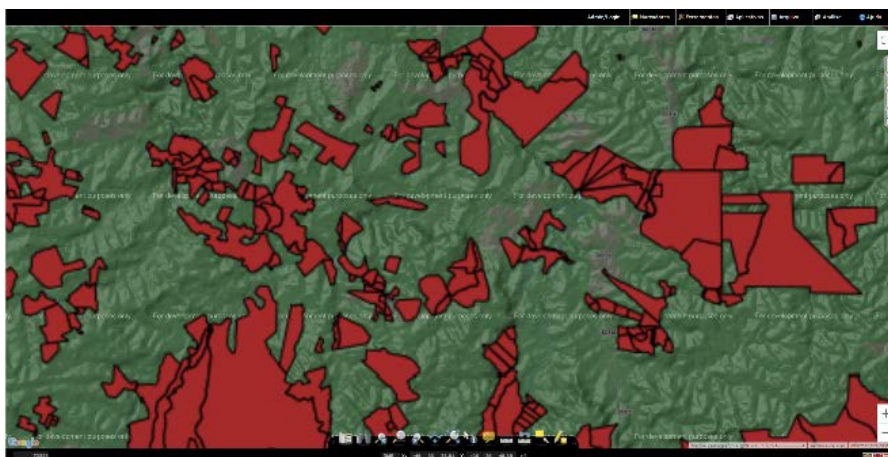


Figura 1 – Base de dados cadastral formada apenas por parcelas certificadas do INCRA. Fonte: Sítio eletrônico do INCRA (2020) (acervofundiario.incra.gov.br).

Tal entendimento advindo da experiência rural, apoiado na legislação em vigor, de que para o Cadastro no Brasil se tornar viável deve haver algum tipo de correspondência entre parcela (elemento do cadastro) e matrícula (elemento do sistema registral), conduz forçosamente a uma importante propriedade: parcelas são bidimensionais. Desta forma, termos como territorial, bidimensional e 2D devem estar associados à compreensão do que é parcela. A Figura 2 apresenta uma imagem típica de ocupação urbana e a respectiva definição de parcelas territoriais, ou seja, 2D. Toda a sorte de ocorrências territoriais acima ou abaixo da superfície, cuja complexidade extrapolem as duas dimensões, deve ser modelada na forma de objetos territoriais, cuja definição será apresentada um pouco mais adiante.



Figura 2 - Exemplo de ocupação territorial (esq.) e parcelas territoriais correspondentes (dir.)

A correspondência entre parcela e matrícula é um princípio, o que não significa que toda parcela necessariamente está relacionada a uma matrícula e vice-versa, haja vista que ocorrem situações nas quais

parcelas não possuem matrícula (áreas de posse, áreas públicas, vias, etc.), como também algumas matrículas podem se referir a elementos acima ou abaixo da superfície, não necessariamente correspondendo a parcela, mas estando ligadas a esta (unidades em condomínios verticais, direito de laje, etc.).

Com vistas a expandir e adequar estes conceitos, de forma que tanto parcelas no meio urbano como rural possam ser abarcadas (completude cadastral), atender às características particulares de gestão territorial rural (centralizada no INCRA) e urbana (pulverizada nas mais de 5500 prefeituras municipais), além de promover a atividade fim do Cadastro Territorial (ligar pessoas e terra), faz-se preciso caracterizar dois tipos de parcelas para o Cadastro no Brasil: parcelas certificadas e parcelas não certificadas.

A parcela certificada é aquela cujos limites foram verificados in loco, através de medições em campo por agrimensura, representando os limites legais ou de fato para que se torne possível levá-la a registro quando necessário, ou seja, que os limites desta parcela correspondam à descrição constante em uma matrícula e vice-versa (Capítulo 12.3, Premissas 3, 4, 7 e 8). Este é o procedimento comum aplicado às parcelas do cadastro territorial rural, cujo processo carece apenas de um aperfeiçoamento. A parcela só deve ser considerada certificada, após passar por um processo que assegure o atendimento a dois critérios: i) a não sobreposição e ii) a não existência de lacunas entre parcelas certificadas contíguas (atualmente, a certificação aplicada ao cadastro rural do INCRA atende apenas ao primeiro critério, conforme discutido em Araújo, et. al (2018)). Para atendimento do segundo critério, existe a necessidade prévia de saber quais são as parcelas confrontantes, mesmo que ainda não certificadas.

As parcelas certificadas são o elo do Cadastro Territorial com o sistema registral (Capítulo 12.3, Premissa 6) e tem como finalidade o consequente fortalecimento da segurança jurídica dos títulos que lhes correspondem (as matrículas), tendo, portanto, um caráter definitivo (no sentido de ser distinto do caráter provisório das não certificadas).

A origem das parcelas certificadas está nos levantamentos exigidos pelos órgãos de gestão do cadastro (o INCRA para o rural, as prefeituras para o urbano) ou pelo registro de imóveis com anuência daqueles para uma infinidade de processos que envolvem questões legais, de agrimensura (Capítulo 12.3, Premissa 7). Estes levantamentos são bem aproveitados no caso do cadastro rural, já que são normatizados e integram um sistema, porém são subutilizados no cadastro urbano, ou atendem brevemente uma exigência específica (um alvará de construção, uma licença ambiental, uma análise de viabilidade de uso do solo, um processo de usucapião, desmembramento, remembramento, etc.), para depois serem descartados, quando deveriam servir também e principalmente para atualizar a base cadastral. Um protocolo pouco sofisticado, porém mais eficiente de troca de informações, faria com que prefeituras e cartórios de registro de imóveis mantivessem um ao outro sempre atualizados.

A parcela não certificada é aquela oriunda das bases de dados geoespaciais existentes, normalmente delimitadas por métodos de levantamento em massa, ou aquelas que ainda não passaram por processo de certificação (Capítulo 12.3, Premissa 10). Os limites da parcela não certificada não foram verificados in loco e tem, portanto, a confiabilidade que a fonte de dados lhes proporciona. Em concordância com o exposto, França et. al (2018b) elenca uma série de problemas críticos devido às divergências na interpretação das feições que aparentemente definem os limites de parcelas. No estudo do referido autor, foram realizados voos com uma aeronave remotamente pilotada (RPA) e foi executada a restituição das feições sobre as ortofotos geradas. Um dos resultados (Figura 3) mostra um conjunto de parcelas com discrepância posicional e outro conjunto de parcelas, ambas não certificadas, com delimitações distintas quando comparadas a restituição das feições sobre as ortofotos e a base de dados do cadastro fiscal fornecida pela Prefeitura Municipal de Florianópolis-SC. Os autores indicam que os mesmos tipos de discrepância foram encontrados quando comparadas estas fontes de dados com as matrículas dos imóveis em questão.



Figura 3 – Parcelas com discrepância posicional (A) e parcelas com delimitações distintas (B). Fonte: França et. al (2018b).

Comumente as administrações municipais dispõem de bases de dados geoespaciais do território urbano que foram levantadas em massa ou originadas de projetos de loteamentos. Estas bases de dados cobrem toda a extensão ou parte do perímetro urbano e foram confeccionadas por restituição aerofotogramétrica, por imagens de satélite, mapas antigos, levantamentos para diversas finalidades principalmente atender aos objetivos fiscais para o lançamento de impostos territoriais (como o IPTU, o ITBI, e outros), expedição de licenças, alvarás, entre outros. São os chamados cadastros fiscais, econômico, técnico, imobiliário, tributário e mais uma gama de denominações atribuídas. Tais fontes de dados podem ser aproveitadas para a delimitação de parcelas do tipo não certificadas (Capítulo 12.3, Premissa 11).

As parcelas não certificadas têm caráter provisório (ou seja, existem até serem sucedidas por outra de caráter definitivo) e podem ser alteradas administrativamente (divididas ou agrupadas, modificadas geometricamente, apagadas ou criadas, e assim por diante) como já ocorre atualmente nos diversos processos realizados nas prefeituras municipais sobre as suas bases de dados geoespaciais existentes. Progressivamente elas devem ser sucedidas por parcelas certificadas em um fluxo que será abordado mais adiante neste trabalho.

O estudo impetrado por França et al. (2018b) ainda apresenta um exemplo concreto de como pode se dar a substituição progressiva de parcelas não certificadas por parcelas certificadas (Figura 4) que ilustra uma situação na qual a restituição gerada sobre a ortofoto identificou que havia apenas uma parcela (em amarelo). Conforme a base de dados repassada pela Prefeitura Municipal de Florianópolis-SC, haviam quatro parcelas ocupando a mesma localização, embora com discrepância posicional nos vértices de limite. Entretanto, quando a situação foi confrontada com os títulos de domínio, descobriu-se, a partir da verificação in loco, que a realidade era outra. Após o processo de agrimensura restaram três parcelas, cada uma correspondente a uma matrícula distinta. As coordenadas dos vértices de limite destas parcelas foram consideradas, então, certificadas e estas passaram a estar disponíveis tanto para atualizar a base de dados da prefeitura como para ir a registro. As demais parcelas não certificadas contíguas devem ter seus vértices ajustados a estes.



Figura 4 – Exemplo de substituição de parcelas não certificadas (esq. em vermelho) por parcela certificada (dir. em verde). Fonte: França et al. (2018b).

Como apontado anteriormente, a base cadastral rural do INCRA é formada apenas por parcelas certificadas sucessivamente incrementadas, mas nada impede que venha a ser modelada uma integração com outras bases de dados (como a do Cadastro Ambiental Rural, por exemplo) de parcelas não certificadas, desde que sejam devidamente identificadas. Nas administrações municipais, um caminho natural é que as bases de dados cadastrais do território urbano sejam compostas inicialmente apenas por parcelas não certificadas, para ao longo do tempo irem cedendo espaço a parcelas certificadas através do mecanismo de atualização apontado no parágrafo anterior, de forma que ambos os tipos de parcela convivam de forma harmônica.

Ainda deve-se considerar que há parcelas não certificadas que assim permanecerão, seja pela sua própria natureza de não correspondência a título de domínio, seja pela não necessidade, seja pela não provocação/exigência ao ocupante/possuidor da parcela pelo órgão de gestão de cadastro ou do registro para a certificação. Isso em nada diminui a importância de que essas parcelas venham a ser modeladas já que cumprem importante papel para as funções arrecadatórias ou de planejamento e gestão territorial junto às administrações municipais.

Uma vez compreendido o conceito de parcela como a unidade cadastral, porção contínua do território, delimitada por vértices, definida em 2D, certificada (com fins de ir a registro) ou não certificada, pode-se avançar para o conceito de Objeto Territorial. Conforme abordado no documento Cadastro 2014 da FIG (FIG, 1995; KAUFMANN e STEUDLER, 1998), parte da realidade territorial é modelada nos sistemas cadastrais na forma de parcelas; esta parte corresponde ao tecido ou estrutura fundiária básica. Outra parte da realidade

territorial, entretanto, necessita de um conceito dotado de maior flexibilidade tanto pelo fato de existir fisicamente sem corresponder à parcela propriamente dita, como pelo fato de existir legalmente, mas igualmente não corresponder a uma parcela em si. Ademais, num caso como no outro, embora não sejam parcelas, estas ocorrências territoriais podem se dar acima ou abaixo da superfície, são importantes e devem ser consideradas na modelagem cadastral.

Para equacionar estas situações, a FIG propõe a figura dos Objetos Territoriais (OT) que para adequação à nossa proposta conceitual podem ser assim descritos:

Objeto Territorial é a uma porção do território em cujos limites ou localização condições homogêneas ocorrem.

Este é um conceito ainda mais abrangente que o de parcela, e assim o é para conseguir alcançar tudo que esteja relacionado à parcela sem corresponder fisicamente a esta, inclusive em outras dimensões além da 2D. Portanto, Objetos Territoriais são n-dimensionais.

Objeto Territorial é todo elemento natural, artificial ou existente por previsão legal sobre, ou sob a superfície topográfica, que goze de condições homogêneas em seus limites. Os Objetos Territoriais podem ser de dois tipos diferentes: legais ou físicos (KAUFMANN e STEUDLER, 1998; SANTOS et. al., 2013).

Objeto Territorial Legal (OTL) é toda porção contínua que define um direito, uma responsabilidade ou uma restrição sobre o território de forma homogênea por legislação (conceito de RRR proposto pela FIG). O OTL não necessita estar delimitado em campo para existir. Enquadram-se como OTL as áreas de preservação permanente (APP), zoneamentos dos planos diretores municipais, reserva legal, servidão de passagem, entre outros.

Objeto Territorial Físico (OTF) é todo elemento natural ou artificial fisicamente existente no território de forma homogênea ao longo de sua extensão, ou localização. Igualmente ao OTL, o OTF pode existir sobre ou sob a superfície. Enquadram-se como OTF as edificações em geral, vegetação, corpos d'água, linhas de transmissão, entre outros são exemplos (Figura 5) de objetos territoriais físicos e legais.



Figura 5 – Exemplos de Objetos Territoriais Físicos (esq.) e Legais (dir.).

Esta diferenciação conceitual de Parcelas e Objetos Territoriais corresponde a um entendimento diverso daquele proposto nas Portaria 511/2009 do extinto Ministério das Cidades, intitulada Diretrizes para o Cadastro Territorial Multifinalitário (Brasil, 2009). Ali se propunha que cada tipo de restrição ou responsabilidade fosse modelada na forma de uma parcela. Desta maneira, entretanto, a complexidade de modelagem cadastral torna-se infinita e inadequada à nossa realidade na qual os parâmetros das normas e regras legais estão em constante modificação, além de muitas destas restrições legais não serem sequer georreferenciadas. Por exemplo, ao se diminuir ou aumentar um percentual de reserva legal sobre imóveis, ao se modificar a lei de uso e ocupação do solo, ao atualizar um plano diretor, mudança natural no curso de um rio, etc., todas as parcelas afetadas teriam que ser modificadas, algo que tornaria impossível a manutenção e atualização cadastral, bem como a conexão desta nova realidade com os títulos do registro.

Diferentemente, na conceituação presente dos autores, modificações de natureza legal como as citadas dizem respeito tão somente aos OTL afetados, mas as parcelas permanecem as mesmas (sendo elas certificadas ou não certificadas). A complexidade conceitual presente na portaria talvez explique em parte a não adesão às diretrizes propostas pelo Ministério das Cidades, muito embora grande esforço de divulgação e capacitação tenha sido feito junto às administrações municipais.

Destaca-se que os Objetos Territoriais, sejam legais ou físicos, podem se sobrepor entre si e sobrepor parcelas, mas sempre estarão vinculados a uma parcela territorial ou porção dela. Desta forma, a aplicação do conceito de Objetos Territoriais abre caminho para a modelagem cadastral 1D, 2D, 3D, ..., nD, permitindo incorporar outros elementos na gestão territorial além das parcelas e se tornando a fonte de inúmeros dos

chamados cadastros temáticos multifinalitários (Capítulo 12.3, Premissa 5). Ainda, alguns Objetos Territoriais também terão ligação/correspondência com matrículas.

Cabe ressaltar, por fim, que ao definir as parcelas como sendo de natureza bidimensional e os OT como n-dimensionais não se propõe que necessariamente todo o Cadastro deva ser finalizado com parcelas 2D para se partir para a Objetos Territoriais 3D ou outra dimensão qualquer, já que ambos os conceitos (parcela e OT) se complementam e podem ser modelados e implementados paralelamente em um sistema cadastral. O que precisa ficar bem esclarecido é que, muito embora os métodos e técnicas de medição tenham evoluído rapidamente nas últimas décadas, incorporando a terceira dimensão nos levantamentos em massa cada vez com mais facilidade (fotogrametria digital, varredura a laser, etc.), o produto destas técnicas e métodos continua sendo o mesmo: modelos digitais de superfície, que estão mais próximos de OTF (feições do terreno) do que de parcelas (processos de agrimensura).

Tais observações objetivam apenas a uma definição de papeis e ao atendimento às premissas técnicas elencadas anteriormente com vistas à adequação à nossa realidade para viabilidade de um Cadastro para o Brasil.

13.5 REDE DE REFERÊNCIA E NORMAS DE LEVANTAMENTO

Uma das premissas do Cadastro Territorial é a existência de uma Rede de Referência Cadastral para apoio aos levantamentos das parcelas (Capítulo 3, Premissa 2). Apesar desta premissa ser de conhecimento geral da academia e dos profissionais da área da mensuração, a forma de implantação e densificação da rede ainda não se consolidou e tampouco os critérios de ajustamento e métodos possíveis para este fim.

Blachut et al. (1979), afirma que para levantamentos cadastrais só são aceitáveis aqueles baseados em uma rede de referência monumentada, caso contrário, o sistema é técnico e economicamente inadequado.

Com a tecnologia de levantamento através de posicionamento por satélites (GNSS) e com as atuais soluções de correções em tempo real, entre outras, tornou-se mais rápida e produtiva a implantação de pontos de apoio aos levantamentos topográficos.

No entanto, quando se trata de levantamento de parcelas certificadas, com identificação de limites para fins cadastrais e consequentemente de registro de imóveis, com a demanda de poucos centímetros de precisão e nos quais se deve ter controle de qualidade através das tolerâncias permitidas entre vértices de uma parcela e suas lindeiras, a diferença de milímetros ou poucos centímetros nos pontos de apoio podem resultar em erros que não enquadrem o levantamento dentro das tolerâncias exigidas. Portanto, as normas técnicas devem avançar os conceitos e parâmetros de uma rede de referência.

Hasenack (2000) aponta como uma grande dificuldade em sua pesquisa, que teve como objetivo o estudo da documentação dos originais do Cadastro Territorial através de medições em campo, a falta de uma rede de referência.

Por todo território nacional é muito frequente a implantação de pontos para apoio aos levantamentos aerofotogramétricos, que geralmente não são aproveitados para outras finalidades, sobretudo por não existir regras e amparo legal para a manutenção de uma rede de referência municipal.

A rede de referência não se trata de apenas um conjunto de pontos georreferenciados “espalhados” pelo município. Critérios devem ser definidos em normas técnicas exequíveis, econômicas, simples, tecnicamente seguras e sustentáveis. A NBR14166 em vigor, que trata dos procedimentos para a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), não contempla as necessidades para a implantação da rede considerando tais critérios, pois desde o fim da década de 1990 não foi atualizada encontrando-se obsoleta e ineficiente.

Detalhamento do ajustamento de observações, especificação de métodos de medições terrestres e uso de posicionamento por satélite, somados à precisão posicional dos vértices da rede, são algumas das principais perguntas que a atual norma não responde.

Como contribuição, esse artigo traz algumas reflexões e propostas para alcançar a Premissa 2, existência da Rede de Referência.

13.5.1 Implantação e Densificação

O arranjo da rede de referência deve ser composto basicamente por dois processos: um de implantação e um de densificação.

O processo de implantação é o estágio inicial da rede. Neste caso, o município deve planejar uma área abrangente para a instalação de marcos e as medições devem estar diretamente vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro, ou seja, em sua totalidade as coordenadas dos vértices deste estágio são determinadas a partir de técnicas de posicionamento por satélite GNSS. Para os vértices de implantação dar-se-á o nome de Vértices Superiores (VS) da rede de referência.

Para os VS deverá ser realizado um planejamento considerando o ajustamento de observações sobre os vetores formados entre os vértices da rede de referência e o SGB, e quando possível considerar os vetores para ajustamento em relação aos VS vizinhos.

Uma vez implantados os VS dar-se-á início ao segundo processo: o de densificação. Este processo deve ser realizado ao longo do tempo e esta etapa deve ser em dois níveis. O primeiro quando um novo vértice passa a ser inserido na rede com medições considerando ao menos dois VS ou VS e SGB como referência, nesse caso a proposta de nomenclatura é de Vértice Principal (VP).

As medições de VP podem ser tanto via posicionamento por satélite como medições terrestres com uso de Estação Total, desde que sejam utilizados métodos que atendam a necessidade de ajustamento.

Ao densificar a rede chegará o momento em que os VS e SGB estarão distantes e não serão mais considerados pontos vizinhos para garantir a homogeneidade na rede em uma determinada parte do território municipal. Para esses casos a proposta é que se tenha a densificação em um segundo nível, o dos Vértices de Apoio (VA). Os VAs podem ter seu ajustamento com base em ao menos dois VP, VP combinado com VS, VP combinado com SGB, ou seja, sempre terá um VP no ajustamento. Além disso, existirá a necessidade de se densificar a rede ao ponto de que um VA terá como referência outros VAs pela proximidade dos vértices.

Para facilitar a compreensão, a Tabela 1 mostra um resumo desta proposta, apresentando as referências para cada tipo de vértice, nome, sigla e técnicas de medição. Um esquema de estruturação e apoio dos níveis da rede também é demonstrado (Figura 6).

Tabela 1: Quadro com os tipos de vértices da RRCM

Nome do Vértice	Sigla	Referências	Técnicas
Vértice Superior	VS	Pelo menos dois vértices SGB	GNSS
Vértice Principal	VP	a) Pelo menos dois VS b) SGB+VS	GNSS e Estação Total
Vértice de Apoio	VA	a) Pelo menos dois VP b) VP+VS c) VP+VA d) VP+SGB e) VA+SGB f) VA+VA	GNSS e Estação Total

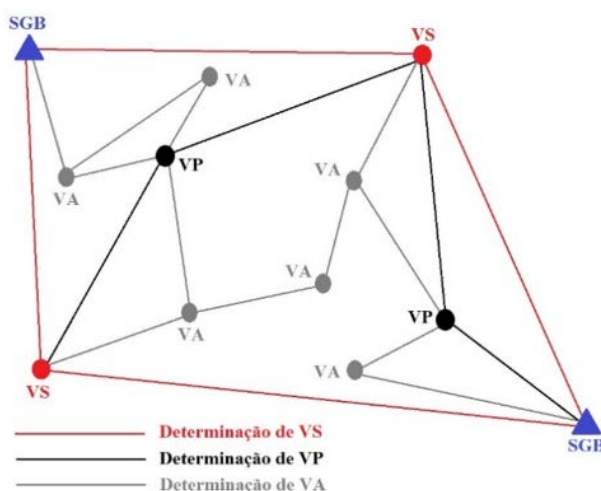


Figura 6 – Esquema proposto para a hierarquia de rede de referência.

Em todos os casos apresentados na Tabela 1 deve-se considerar o princípio da vizinhança, fazendo com que os novos vértices sejam densificados pelos vértices mais próximos, tornando as regiões da rede de referência homogêneas.

Esta proposta apresenta uma hierarquia no âmbito do planejamento e não relativa aos valores de precisão do ponto ou classificado por ordem. Ainda, simplifica a rede para apenas três níveis ao invés dos doze níveis atuais na NBR14166/1998 (item 4.2) (ABNT, 1998).

13.5.2 Precisão Posicional

A precisão posicional esperada para os vértices da rede de referência determina uma série de procedimentos que devem ser tomados. Tal precisão deve estar relacionada com a finalidade a que se destinam os levantamentos que nela se apoiam.

Considerando a parcela como o principal objeto do levantamento cadastral, **o valor de precisão posicional de oito centímetros** para os seus vértices vêm sendo aceito academicamente e até mesmo legalmente (Capítulo 12.3, Premissa 9). Luz (2013) apresentou um estudo considerando o conceito de precisão e tolerância e chegou na proposta de oito centímetros na planimetria, o qual os autores consideram seguro e tecnicamente viável. Este valor aparece também no Decreto 9.310/2018 (BRASIL, 2018) que regulamenta a lei do REURB, muito embora haja ali um equívoco de texto (na redação do decreto e subsequente revisão) ou de conceito (ao confundir parcelas 2D com objetos territoriais 3D), pois foram considerados vértices tridimensionais com valor de precisão esférica (tridimensional).

Coelho & Chaves (2005) realizaram um estudo para determinação de precisão para os vértices de imóveis urbanos considerando propagação de precisões para poligonização eletrônica e pontos irradiados. Os autores concluíram que é possível alcançar precisão melhor do que dez centímetros para um ponto irradiado a uma distância de até cem metros partindo de um vértice da rede de referência com cinco centímetros de precisão. Fazendo uma analogia a esse estudo, o ponto irradiado pode ser o vértice da parcela.

Considerando as propagações das precisões desde os vértices do SGB, sobretudo quando se utiliza de métodos de levantamento por topografia clássica, fica impossível atingir precisão milimétrica. Vetores longos com distância de dezenas ou centenas de quilômetros de linha base geram precisões de poucos centímetros para os novos pontos. Ajustamento por poligonais e estação livre quando utilizado na densificação da rede também entram na casa centimétrica de precisão. Klein et.al. (2017) apresenta resultados do uso do método de Estação Livre para densificação de rede e os valores de precisão apresentados na pesquisa variaram de 4 a 37mm. Sendo assim, torna-se impossível a rede de referência ter precisão milimétrica.

A proposta deste trabalho considerando os estudos realizados pelos autores acima citados e visando resultados reais de precisão posicional para os vértices da rede de referência, **recomenda a adoção do valor de 5 cm na planimetria da RRCM.**

13.5.3 Manutenção e Gestão da RRCM

A municipalidade deve se estruturar de forma que seja possível contar com o trabalho dos profissionais que atuam diariamente com a mensuração de parcelas e imóveis (Capítulo 3, Premissa 7). O processo inicial de implantação da rede de referência deve ser de responsabilidade do município. No entanto, dispor de equipe para densificar a rede pode ser um gasto oneroso e, por vezes, sem necessidade.

Se sob responsabilidade da administração municipal forem implantados os VSs e, ao mesmo tempo forem determinadas as regras através de manual técnico para a densificação da rede de referência (com procedimentos padronizados, métodos de levantamento, orientação para ajustamento e produto a ser gerado pelos técnicos e engenheiros, tais como relatórios técnicos, arquivos brutos e demais dados necessários para manter a estrutura organizacional da rede), a municipalidade passará a contar com a parceria de trabalhos de mensuração que diariamente são realizados por diversos profissionais, os quais operam atualmente de forma não padronizada para satisfazer uma necessidade pontual de contrato com variadas finalidades.

Neste caso, a municipalidade necessitaria de um corpo técnico mais enxuto para analisar os dados enviados pelos profissionais a fim de se homologar novos vértices da rede de referência, e os profissionais passam a ser parceiros na densificação da mesma.

Em um primeiro momento essa posposta pode parecer não adequada, mas o fato é que desde 1998, quando publicada a NBR14166, até os dias atuais é praticamente inexistente um exemplo de funcionamento de uma RRCM no Brasil. Faz-se necessário, portanto, buscar ideias inovadoras uma vez que a tecnologia e a compreensão das necessidades cadastrais avançaram desde então. Com essa proposta, a gestão da rede de referência continua sendo municipal, mas com a participação de toda classe profissional da área da mensuração.

13.6 ARRANJO DO SISTEMA

A dificuldade em consolidar um Cadastro Territorial sólido e eficiente no Brasil se dá, em parte, pela legislação territorial existente que não define uma estruturação organizacional e nem define de forma objetiva o fluxo de processos, cabendo às várias entidades envolvidas a definição isolada, meramente atendendo sua necessidade e a legislação.

O item mais oneroso do Cadastro Territorial é o levantamento de campo, o qual objetiva a determinação das coordenadas dos vértices dos limites das parcelas. Este item deve ser custeado pelo real interessado no imóvel, que é seu proprietário, assim como acontece com o Registro de Imóveis. Este princípio

já é adotado para o georreferenciamento de imóveis rurais, que está compondo todo o cadastro territorial na área rural.

As parcelas do cadastro territorial rural, conforme delineado pelos artigos da Lei 10.267/2001, estão sendo incorporadas à base de dados do INCRA através de prazos estabelecidos por classes de imóveis rurais conforme a sua área (Decretos Federais nº 4.449/2002, nº 5.570/2005, nº7.620/2011 e nº9.211/2018) e conforme haja movimentação de processos a interesse dos proprietários nos registros de imóveis. Ou seja, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, que é o órgão gestor desse cadastro, iniciou a sua base cadastral do zero que está sendo incrementada progressivamente conforme novas parcelas são apresentadas e submetidas ao processo de certificação.

Porém, da forma que o cadastro territorial rural está sendo composto (progressivamente incrementado apenas por parcelas certificadas), não é viável para a área urbana por questões temporais, visto que a quantidade de imóveis urbanos é imensamente mais numerosa e o retardo na composição do Cadastro Territorial, não permitiria a cobrança dos impostos sobre a propriedade desconhecida até a completude do cadastro.

Faz-se necessária uma estrutura pública mínima para permitir o funcionamento do Cadastro Territorial autossustentável, cumprindo sua gestão e definindo regras claras para que os dados sejam recebidos de forma estruturada a fim de manter sua atualização ao dia. O Cadastro Territorial, diferentemente do cadastro multifinalitário, perde sua eficiência se for atualizado aos saltos, a uma determinada época.

Portanto, há de se definir uma sistemática a ser adotada pelo poder público para que o Cadastro Territorial funcione num fluxo de processos sustentáveis. Tal fluxo foi proposto por França et al. (2018) que destaca (Figura 7) que a implantação pode se dar a partir de uma base cartográfica existente, ou criada especificamente para este fim por processos de sensoriamento remoto, como a aerofotogrametria. Em ambos os casos, geram-se as parcelas não certificadas, cuja geometria não foi confirmada com o levantamento em campo, bem como seus vértices ainda não foram materializados.

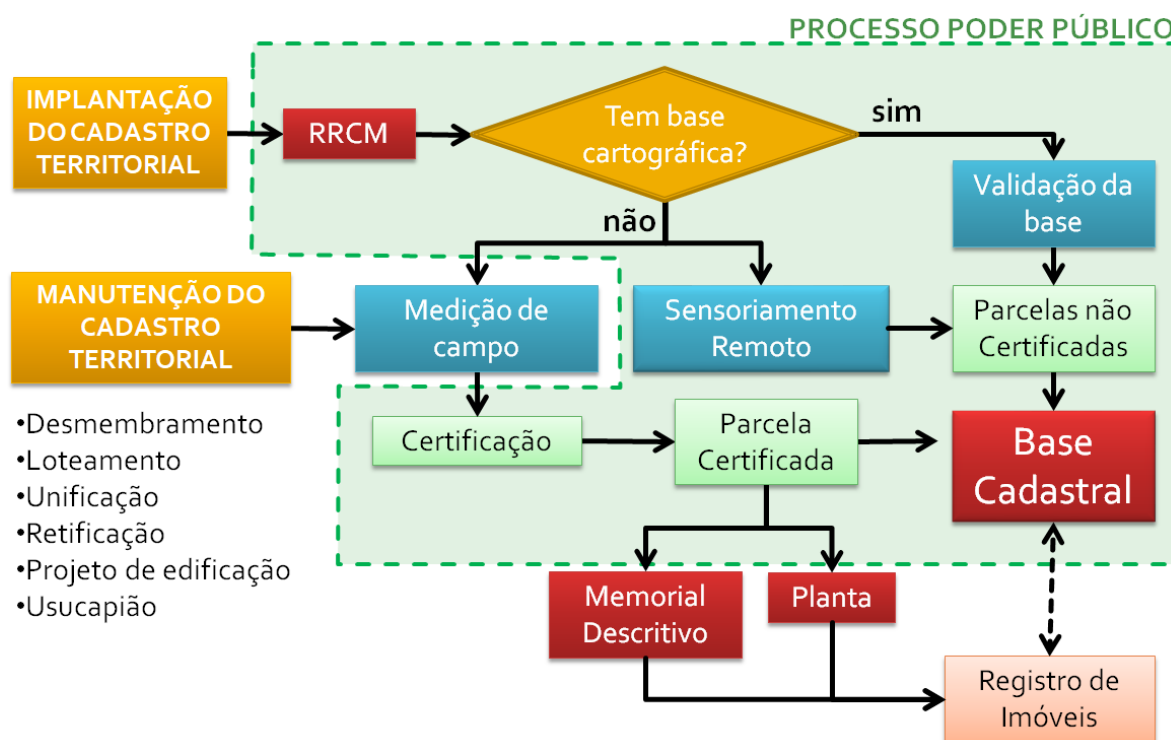


Figura 7: Fluxo para implantação do Cadastro Territorial. Fonte: Adaptado de França et al. (2018).

Este fluxo exige do poder público uma estrutura mínima de funcionamento para a gestão do Cadastro Territorial, implantando inicialmente uma Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM), criando as parcelas não certificadas e realizando a manutenção das parcelas que compõem a base cadastral. Porém, durante o fluxo de manutenção do Cadastro Territorial, a parte onerosa (levantamento de campo) é custeada pelo proprietário (principal interessado) quando de fato ele necessitar. Para França et al. (2018) a manutenção da base cadastral deve ser realizada obrigatoriamente a partir de uma medição de campo com topografia e, somente por esta via, a parcela provisória é devidamente certificada passando a situação de definitiva.

Segundo França et al. (2018) a respeito deste fluxo:

“A manutenção da base cadastral surge a partir do interesse do proprietário, como consequência de desmembramento, unificação, loteamento, retificação, usucapião e qualquer outra ação que exija mudança ou alteração na parcela. Além destas, a aprovação de um projeto de edificação em determinada parcela também poderá ativar a necessidade de manutenção da base cadastral, visto que nestes casos também já é comumente realizado um levantamento topográfico”.

O mecanismo de certificação criado pela Lei 10.267/2001 é mais uma boa prática que deve ser aproveitada da experiência do cadastro territorial rural e estendido para o Cadastro Territorial no Brasil como um todo (rural e urbano). As fragilidades do sistema registral são conhecidas e o processo de certificação criado para os imóveis rurais, embora imperfeito, corresponde a um grande avanço em termos de garantia legal. A certificação de uma parcela rural corresponde a afirmação do órgão de cadastro territorial (o INCRA, no caso) de que uma dada parcela submetida por um profissional responsável credenciado à análise não se sobrepõe a outra parcela anteriormente certificada. Sendo contíguas, duas parcelas certificadas devem dividir os mesmos vértices do limite comum, o que força uma segunda determinação (ou aceitação) dos vértices comuns e consequente corresponsabilidade técnica pelas coordenadas determinadas. Ao final do processo, não havendo sobreposição, a parcela é declarada como certificada e são as suas coordenadas definidoras de limite que podem ir a registro, sendo gravadas em uma matrícula (BRASIL, 2013b).

Em relação a parcelas provisórias lindeiras, a análise deve ser quanto à geometria e quanto às confrontações. Quanto à geometria, a comparação não será entre vértices, mas da sobreposição ou vazios entre as parcelas, pois nem sempre a quantidade de vértices será a mesma entre a parcela fruto do levantamento topográfico de campo e a(s) parcela(s) provisória(s) lindeira(s).

Se a tolerância estabelecida na comparação for atendida, o órgão gestor do cadastro deve ajustar os vértices das parcelas provisórias para os vértices da parcela definitiva que foi certificada, a figura 7 mostra um esquema de atualização da base cadastral com a parcela certificada.

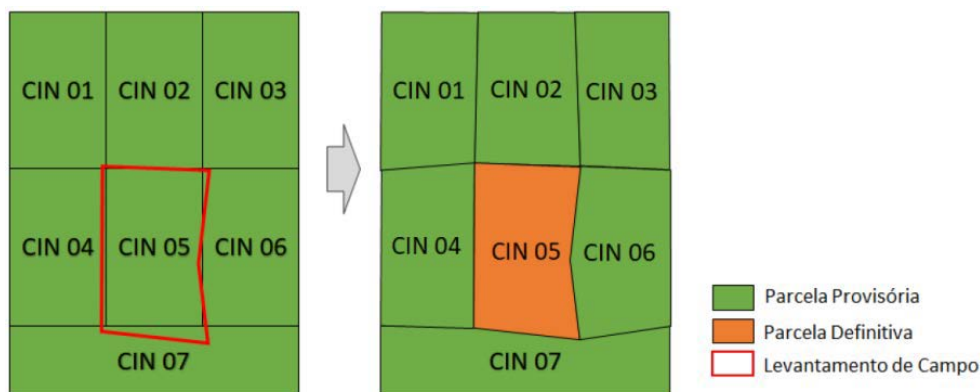


Figura 8: Exemplo de atualização cadastral de parcela certificada. Fonte: França et.al. (2018).

Se o posicionamento entre a parcela a ser certificada e as parcelas provisórias lindeiras estiver fora da tolerância, o profissional deverá iniciar um processo administrativo junto ao órgão gestor do cadastro para os ajustes necessários das parcelas provisórias, sendo o órgão gestor responsável pelo ajuste geométrico da base cadastral. Somente após o ajuste, a parcela medida em campo poderá ser certificada.

Na manutenção do Cadastro Territorial, resta ao poder público analisar a certificação das parcelas medidas em campo e atualizar a base cadastral. Usando como referência o Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) adotado pelo INCRA no Georreferenciamento de Imóveis Rurais, a gestão de Cadastro Territorial pode ser automatizada, atendendo a quase totalidade das certificações sem dependência de um profissional que onera o poder público, e que na maioria das vezes não existe no quadro funcional das prefeituras.

13.7 CONCLUSÕES

O Cadastro Territorial através da base cadastral parcelar, assim como o mapeamento dos objetos territoriais, integrado ao Registro de Imóveis, são condicionantes obrigatórias para o adequado ordenamento territorial.

Uma parte dos municípios brasileiros já possui sistemas de informações geográficas com mapeamento do território gerindo a cartografia cadastral de alta qualidade posicional e de detalhes obtida por sensoriamento remoto. Os procedimentos elencados neste artigo visam manter esses produtos como forma de aquisição das parcelas não certificadas, que ao longo do tempo passam a ser certificadas com as medições em campo. Esse processo em um primeiro momento pode não ser agradável considerando a questão

temporal quando se estimam décadas para um avanço da base cadastral com parcelas certificadas, mas se mostra viável, pois conta com toda a estrutura de profissionais e interessados (requerentes de processos de medições) de forma que o processo não onere economicamente os municípios. Nenhuma prefeitura de cidades com médio ou grande porte conseguiria medir em campo todas as parcelas, essa tarefa deve acontecer sob demanda e ao longo do tempo.

O fluxo de implantação e manutenção do cadastro apresentado neste trabalho demonstra a possibilidade de se integrar os serviços de medições para diversas finalidades que envolvem a mensuração de imóveis em um município de qualquer porte e em qualquer estágio de maturidade cadastral ou tecnológica. Desta forma, a proposta atinge o objetivo de atualização cadastral diária e não a periodicamente entre contratos de aerolevantamentos. Os serviços de sensoriamento remoto podem e devem continuar, sobretudo por gerarem conhecimento amplo do território, além do mapeamento das parcelas não certificadas.

A escolha da técnica de levantamento cadastral é uma decisão crítica para técnicos e para os administradores municipais. A relação entre os avanços tecnológicos para a produção de informação e os procedimentos de gestão não evoluem em um mesmo ritmo. Enquanto se observa uma rápida evolução no uso de novas tecnologias de aquisição e processamento de dados geográficos e cadastrais, os avanços nos processos de gestão são bem menos dinâmicos. Para que o fluxo proposto funcione os processos de gestão precisam estar consolidados em uma prefeitura.

Por fim, conclui-se que medidas como as propostas neste artigo auxiliam a de fato dar início ao Cadastro Territorial preconizado pela FIG e semelhante aos observados em países com mais tradição nesta área. O Brasil com sua extensão territorial e quantidade de municípios possui particularidades que não permitem a simples cópia de um sistema europeu, por exemplo. Entretanto, com o fluxo do processo organizado e apoiado a normas técnicas o Cadastro pode, de fato, acontecer no Brasil.

13.8 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.L.; BOSCATTO, F.; BRAGHIROLI, G.; FRANÇA, R.M. de. **Fragilidades do SIGEF e da 3ª Edição da NTGIR: Lições de Cadastro para o SINTER**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, VII., 2018, Recife, Anais.. Recife: UFPe, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39451/1384233/Anais+do+VII+SIMGEO/2ff23c73-935d-4418-8728-feb24630f34>. Acesso em: 28 jun.2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14.166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BLACHUT, T. J., CHRZANOWSKI, A., SASTAMOINEN, J.H. **Cartografia y levantamientos urbanos**. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. New York: inc. Springer-Verlag. 1979.

BRANDÃO, Artur Caldas. **O Princípio da Vizinhança Geodésica no Levantamento Cadastral de Parcelas Territoriais**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988 Brasília, DF: Presidência da República, [2020].. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 jun 2020.

_____. **Decreto Nº 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União**. Brasília, DF: Presidência da República, [2018].. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9310.htm. Acesso em: 17 jun 2020.

_____. **Lei Federal Nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Dispõe sobre os registros públicos e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6015compilada.htm. Acesso em: 17 jun 2020.

_____. **Lei Federal 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**. Brasília, DF: Presidência da República, [2001]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10267.htm. Acesso em: 20 jun 2020.

_____. Ministério das Cidades. **Portaria Nº 511, de 7 de dezembro de 2009. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.** Brasília, DF: Ministério das Cidades, [2009]. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-511-2009_217279.html. Acesso em: 20 jun 2020

COELHO, L. A. N. ;CHAVES, J. C.. **Precisão na determinação das coordenadas dos vértices de imóveis urbanos.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 67,n.2, p. 287-305, mar/abr. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44662>. Acesso em: 25 jun.2020.

FIG. INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS. **Statement on the Cadastre.** FIG Publication. Canberra, n.11, 1995. Disponível em: <https://fig.net/resources/publications/figpub/pub11/figpub11.asp>. Acesso em: 23 jun.2020.

_____. **Fit-For-Purpose Land Administration.** FIG Publication. Copenhagen, n.60, 2015. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub60/Figpub60.pdf>. Acesso em: 23 jun.2020.

FRANÇA, R.M. de; ARAÚJO, A.L.; BOSCATTO, F.; CABRAL, C.R.; COLLISCHONN, C. **Parcelas e Objetos Territoriais: Uma Proposta para o SINTER.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 13. 2018, Florianópolis. Anais . Florianópolis, UFSC, 2018. Disponível em: <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2018/paper/view/492/243>. Acesso em: 23 jun.2020.

FRANÇA, R.M. de; ARAÚJO, A.L.; BOSCATTO, F. **Uso de RPAs para Definição de Parcelas Provisórias do Cadastro Territorial.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, VII., 2018, Recife, Anais.. Recife: UFPe, 2018. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/39451/1384233/Anais+do+VII+SIMGEO/2ff23c73-935d-4418-8728-feb24630f34>. Acesso em: 28 jun.2020.

HASENACK, Markus. **A cartografia cadastral no Brasil.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

_____. **Originais do levantamento topográfico cadastral possibilidade de sua utilização para a garantia dos limites geométricos dos bens imóveis.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Limites e Confrontações: Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** [Brasília:INCRA], 2013a. Disponível em: <https://www.colegioregistrals.org.br/wp-content/uploads/2013/10/Manual.pdf>. Acesso em: 20 jun 2020.

_____. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais.** [Brasília:INCRA], 2013b. Disponível em: <https://metrica.zendesk.com/hc/pt-br/articles/203840955-Manual-T%C3%A9cnico-de-Posicionamento-1%C2%AA-Edi%C3%A7%C3%A3o-da-NTGIR-INCRA>. Acesso em: 20 jun 2020.

KAUFMANN, J.; STEUDLER, D. **Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system.** FIG Publication. Rüdlingen, 1998. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf>. Acesso em: 23 jun.2020.

KLEIN, I.; GUZATTO, M. P. ; HASENACK, M. ; CABRAL, C. R. ; LIMA, A. P. B. ; FRITSCH, S. ; REGINA JUNIOR, L. A. M. ; MOMO, G. F. . **Rede de referência municipal para estações livres: Uma proposta de baixo custo e grande abrangência.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, p. 519-532, 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44346>. Acesso em: 26 jun.2020.

LUZ, Luiz Arnaldo da Silva. **Uma proposta para a precisão posicional no cadastro urbano brasileiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 2013.

MELO, M. . **Breves anotações sobre o Registro de Imóveis**. Boletim do IRIB em Revista , v. 327, p. 32-49, 2006. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/12889177/breves-anotacoes-sobre-o-registro-de-imoveis-educartorioorgbr>. Acesso em 30 jun 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fit-For-Purpose Land Administration: Guiding Principles for Country Implementation**. ONU: Nairobi, 2014. 132p. Disponível em: https://www.fig.net/news/news_2016/2016_07_gltnguide/fit-for-purpose-land-adm-guiding-principles-for-country-implementation.pdf. Acesso em: 23 jun.2020.

PHILIPS, J. **Breve histórico do cadastro de imóveis no mundo**. Revista de direito imobiliário/IRIB, São Paulo: RT, n. 317, p. 14 – 19, jun./ago. 2004. Disponível em: <http://iribnet.com.br/revista/reserva/revista317/317.pdf> . Acesso em 30 jun 2020.

_____. **Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 2, 1996, Florianópolis. Anais. Florianópolis, UFSC, 1996.

SANTOS, J.C. dos; FARIAS, E.S. de; CARNEIRO, A.F.T. **Análise da Parcela como Unidade Territorial do Cadastro Urbano Brasileiro**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 19, n. 4, p. 574-587, dez. 2013. Disponível em <https://goo.gl/KEzh6w>. Acesso em 30 jun 2020.

SANTOS, S. D. R. ; ANTUNES, A. F. B. . **O Cadastro Territorial Multifinalitário no contexto dos processos de Regularização Fundiária Urbana**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 72, n. 2, 2020. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/48360>. Acesso em 29 jun 2020.