

# Métodos de cartografia e geoprocessamento aplicados na gestão de inconsistências de limites intermunicipais - estudo de caso entre Nova Lima e Belo Horizonte, MG

André Ferreira Borges  
(IGC/UFMG)  
andreborges2005@yahoo.com.br

Plínio da Costa Temba  
(IGC/UFMG)  
temba30@yahoo.com.br

Marcos Antonio Timbó Elmiro  
(IGC/UFMG)  
mtimbo@ufmg.br

Cláudia Constantina Saltarelli  
Saraiva  
(IGC/UFMG)  
claudia.feamig@gmail.com

Marcelo Antonio Nero  
(IGC/UFMG)  
marcelo.nero@gmail.com

## RESUMO

Técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem de dados geográficos são imprescindíveis para o planejamento nas diferentes esferas governamentais. Contudo, mesmo com a disseminação dessas tecnologias nas atividades de mapeamento e cadastro, são muito escassos, no Brasil, estudos aplicados na gestão de inconsistências de limites municipais. Muitos limites foram descritos pela última vez na década de 1950, usando uma linguagem coloquial que delimita as fronteiras fazendo referências a acidentes geográficos. Nos dias atuais, ocorrem problemas causados pelas descaracterizações desses acidentes por ação da urbanização, da mineração e de outros fatores que modificam severamente a paisagem geográfica. Além disso, existem indeterminações relacionadas à produção cartográfica que serve de base para o mapeamento dos limites. As bases cartográficas podem ter sido geradas em diferentes tipos de Sistemas Geodésicos, o que pode causar distorções e incompatibilidades nas análises subsequentes. Alterações nos limites trazem implicações econômico-financeiras para os municípios, portanto foi examinada também a questão econômica envolvida na região de estudo a fim de avaliar as possíveis perdas advindas de modificação dos limites. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar fatores que dificultam a demarcação de divisas entre municípios e propor uma metodologia para redelimitação de divisas com foco no estudo de caso da divisa entre Nova Lima e Belo Horizonte.

**Palavras-chave:** cartografia, limites municipais, geoprocessamento, modelagem.

## ABSTRACT

*Techniques of remote sensing, GIS and spatial data modeling are essential tools for planning in all levels of government. However, even with the widespread dissemination of these technologies in mapping activities, in Brazil, studies applied in the management of inconsistencies involving municipal boundaries are very scarce. Many municipal boundaries were described for the last time in the 1950s, using a colloquial language that describes the boundaries making references to natural landforms. Nowadays there are problems related to mischaracterization of these landforms by the action of urbanization, mining and other factors that severely alter the landscape. Furthermore, there are inconsistencies related to cartographic documents used as the basis for mapping the boundaries. The maps may have been generated in different types of Geodetic Systems, so if the map data is improperly processed or misinterpreted, distortions and incompatibilities are transferred to the resulting analysis. Changes in municipal boundaries cause economic and financial implications for municipalities, so it was also examined the economic issues involved in the study area in order to evaluate the possible losses arising from modification of bounds. Thus the study aims to identify factors that that cause difficulties to demarcation of boundaries between municipalities and propose a methodology for delimitation of boundaries focusing on the case study of border between Nova Lima and Belo Horizonte.*

**Keywords:** cartography, boundaries of municipalities, geoprocessing, modeling.

## Introdução

Os limites oficiais dos municípios brasileiros, em sua grande maioria, foram definidos por meio de referências a acidentes geográficos bem caracterizados existentes na época da criação dos municípios. No entanto, em decorrência da urbanização, das atividades de mineração, de grandes obras viárias, além de outros fatores que modificam severamente a paisagem geográfica, as linhas divisórias apresentam referências incertas, que dão margem a **dúvidas e múltiplas interpretações** na sua identificação e materialização física em campo. Em vários casos esses fatores modificadores da paisagem geográfica natural causaram grandes alterações nas feições geográficas originalmente citadas como referências das divisas (MACEDO et al., 2013).

Para fins de registro e amarração topográfica das divisas, diversos municípios brasileiros adotam como limite físico oficial, os contornos divisórios definidos por lei lançados em cartas topográficas do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em escala de 1:50.000. Todavia, não é **possível** atingir acurácia melhor que 25 m na extração de posições geográficas em documentos cartográficos na escala de 1:50.000, o que limita sua utilização prática e contribui para incertezas nos trabalhos de escala cadastral (OLIVEIRA, 1993).

Além da escala inadequada da base cartográfica, outro fator que contribui para produzir incertezas e incoerências é o fato de diversos documentos cartográficos brasileiros terem sido construídos com base em diferentes Sistemas Geodésicos de Referência (SGR). Trata-se de um problema que, sem o devido tratamento, pode causar distorções decorrentes de transformações inadequadas ou de interpretações equivocadas. A literatura da área de mapeamento tem relatado muitos casos de incompatibilidades e problemas relacionados a essa questão (FREITAS et al., 2004; MONICO, 2008; FRAU et al., 2012). Os trabalhos também discutem os tratamentos que devem ser aplicados para resolver inconsistências (KLEIN et al., 2013; GOPIKRISHNAN e RAMAKRISHNAN, 2013). Em todos os casos os tratamentos adequados exigem conhecimentos consistentes de cartografia e geodésia nas análises e processamentos dos dados.

Geodésia é a ciência que trata da determinação do tamanho, da forma e dos parâmetros definidores do campo da gravidade da Terra (SEEBER, 1993). A forma irregular da superfície terrestre (superfície topográfica) dificulta a realização de cálculos matemáticos que implicam em dificuldades e erros de representação, sendo necessária e conveniente a simplificação da Terra por meio de um modelo matemático para sua

representação cartográfica. Usa-se, então, um Sistema Geodésico de Referência (SGR) que é definido com base em um conjunto de parâmetros e convenções, associados à figura geométrica de um elipsóide que mais se aproxima da forma e das dimensões da Terra, de forma a constituir um referencial adequado para atribuição das posições de pontos sobre a superfície terrestre (MONICO, 2008). A materialização física do sistema é definida através da determinação das coordenadas de um conjunto de estações geodésicas, obtidas por diferentes técnicas de posicionamento, que garante a criação de uma estrutura ou rede de referência de alta consistência. A evolução tecnológica propiciou o melhoramento dos SGR ao longo do tempo, tanto no aspecto de definição, como no de realização **física** do sistema. Assim, os produtos cartográficos nacionais, gerados em diferentes épocas, foram construídos com suas referências baseadas em diferentes SGR, a saber: Córrego Alegre com duas realizações (1961 e 1970/1972), Astro Datum Chuá, South American Datum 1969 (SAD69) com três realizações (inicial, 1996 e técnica Doppler/GPS), e por último, o SIRGAS2000 com realização **única** (2000). O conhecimento das principais características desses sistemas, a quantificação das diferenças entre eles e as formas adequadas de conversões são aspectos de suma importância para a qualidade dos trabalhos e análises cartográficas multitemporais (FREITAS et al., 2004).

Assim, o objetivo deste trabalho é proporcionar uma visão adequada dos diferentes problemas que afetam a demarcação de limites territoriais, indicando métodos e ferramentas apropriadas para lidar com essa importante questão. O estudo aborda diferentes fatores que dificultam a definição precisa e adequada de limites municipais, tais como a incompatibilização entre sistemas geodésicos, a qualidade dos dados geográficos e cartográficos utilizados, a escala dos produtos cartográficos envolvidos na análise, além da descaracterização da paisagem geográfica pela ação antrópica. A abordagem é focada em um estudo de caso que envolve conflitos de limites territoriais municipais nas divisas entre Nova Lima e Belo Horizonte, localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) em Minas Gerais.

## **Contextualização do problema de inconsistências e conflitos em limites territoriais**

O IBGE, por força de lei, é o órgão gestor das questões de geodésia e cartografia no Brasil e, por meio da Resolução N°1/2005 de 25/02/2005 (IBGE, 2005), tornou obrigatório o uso do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, em sua realização do ano 2000 (SIRGAS2000), como novo SGR para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). A resolução concede

um período de transição não superior a dez anos, onde o SIRGAS2000 pode ser utilizado em concomitância com o SAD69 e o Córrego Alegre para o SCN. Com essa adoção garante-se a qualidade dos levantamentos GPS (*Global Positioning System*), devido à necessidade de um sistema de referência geocêntrico compatível com a precisão dos métodos e técnicas de posicionamento atuais e com os demais sistemas adotados em outros países (ZANETTI, 2006).

A definição dos perímetros legais de Belo Horizonte e de Nova Lima, remonta à década de 1940, quando foram descritos por meio de referências a acidentes geográficos naturais muitos dos quais, pela ação da mineração e da urbanização, já foram descaracterizados. O jornal da Imprensa Oficial “Minas Gerais”, trouxe no corpo da Lei 336 de 27/12/1948 o seguinte texto que descreve o perímetro (MINAS GERAIS, 1948):

*Belo Horizonte com o município de Nova Lima:*

*Começa na Serra do Curral, no trecho denominado Serra do Taquaril; no marco “CT”, segue pela cumeada da Serra do Curral, passando pelos trechos denominados Taquaril, Pico, Ponta, Rabelo, Água Quente, Mutuca, José Vieira, até o entroncamento com a Serra da Moeda, no marco 17, no lugar denominado Varginha.*

Observa-se que as leis, ainda vigentes, estão em desacordo com a realidade atual, pois os limites são meramente político-territoriais e definidos na forma de uma linguagem inadequada. Assim, ocorrem muitos equívocos cartográficos na determinação das linhas divisórias por conta da linguagem utilizada na identificação de elementos da paisagem natural e da cultura local (SANTOS et al., 2015). Os legisladores da época da definição dos limites municipais não possuíam a responsabilidade legal de discernir a geografia dos lugares, por isso, utilizaram uma linguagem coloquial de precisão descritiva duvidosa para delimitação das regiões de divisas. Porém, daquele tempo até os dias atuais a tecnologia evoluiu, com a disponibilização de ferramentas de geoprocessamento que fazem uso de imagens de satélites, tecnologias de varredores a laser, aerolevantamentos e geodésia espacial com o emprego da técnica *Global Navigation Satellite System* (GNSS), fornecendo produtos cartográficos com precisão sob medida para as mais diversas aplicações. Apesar da disponibilidade dessas novas tecnologias, instrumentos e métodos cartográficos, o país ainda convive com certo atraso no conhecimento e aplicação efetiva dessas ferramentas. O problema de divisas territoriais requer a necessidade de análises cartográficas e geodésicas para reconstituição e readequação da poligonal perimétrica dos limites e sua materialização

física adequada no terreno (MACEDO et al., 2013)

Nos bairros de Vila da Serra e do Belvedere, por conta do processo de escavações decorrentes de mineração seguido de intensa urbanização, houve uma forte descaracterização da divisa entre os municípios de Nova Lima e Belo Horizonte (PEIXOTO, 2005). Essas intervenções de natureza antrópica provocaram dificuldades na definição correta dos limites e geram problemas relativos à tributação, à fiscalização e à atribuição de responsabilidades pelas obras de manutenção das vias públicas e equipamentos urbanos. Assim, é comum a ocorrência de bitributação, de incerteza na cobrança de impostos das propriedades que fazem parte dos dois municípios e de vias e equipamentos urbanos sem manutenção (CARVALHO e LEITE, 2009).

Vários estudos comprovam que esta situação de incertezas e inconsistências nos limites territoriais acontece com frequência, não só no Brasil, mas em muitas outras partes do globo terrestre. De acordo com o IMESC (2011) os limites e divisas do estado do Maranhão foram redefinidos em 2011 para resolver inconsistências que causavam transtornos à administração estadual. O estado de Santa Catarina concluiu a análise e compatibilização de limites de seus municípios em fins de 2009 e o estado do Ceará finalizou um processo semelhante em 2013. O estado do Mato Grosso realizou uma oficina intitulada “Atualização das Divisas Intermunicipais”, em 2014 com objetivo de elaborar propostas de resolução das inconsistências territoriais no estado.

O estado do Espírito Santo demanda a recuperação de 42 quilômetros quadrados de extensão devido a marcos divisórios instalados de forma imprecisa na década de 1960. Após acordo bilateral entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os marcos foram checados por equipes técnicas que identificaram inconsistências no posicionamento dos pontos, com prejuízo para a área territorial do estado do Espírito Santo.

MACEDO et al. (2013) apresentam um trabalho de revisão dos limites municipais do estado do Pará na escala 1:100.000, onde o estudo é dividido em quatro seções. A primeira, trata da verificação de inconsistências entre o descrito na legislação e o observado nos documentos cartográficos referentes à área objeto de investigação. Na etapa subsequente, procedeu-se à verificação de tais inconsistências em campo. Na terceira fase, retornou-se ao escritório para analisar as observações de campo e propor possíveis soluções para os conflitos. A etapa final tratou da retificação e ampliação de escala do arquivo gráfico e produção de nova redação do descritivo da legislação.

No estado do Paraná, um sistema de gestão de divisas municipais está em fase de elaboração para tornar o processo de revisão mais efetivo. A ferramenta pretende classificar aproximadamente 3.500 trechos de divisa. O sistema incorpora no seu

conceito instrumentos de análises capazes de identificar limites coincidentes com feições naturais, como os cursos d'água, assim como feições antrópicas, tais como as rodovias. O sistema conta com a parceria da Universidade Federal do Paraná (UFPR), onde os estudantes participam através de estágios, de forma que trabalhos de conclusão de curso abordem a temática de análise de divisas.

Presume-se que outros estados estejam vivenciando esse mesmo momento de atualização territorial e jurídica. Assim, a contribuição da comunidade científica, dos técnicos, e da sociedade em geral é muito importante para o fortalecimento dessa área de pesquisa. Donnelly (1985) apresenta, de forma introdutória, uma visão geral das questões fundamentais relacionadas com a propriedade da terra e destaca a importância dos inspetores na determinação de limites de terras na Austrália.

Alterações nos limites territoriais dos municípios, via de regra, modificam o número de habitantes. O quantitativo populacional tem sido um dos critérios utilizados pelo governo federal para a distribuição de renda através do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) e de bolsas assistenciais. Limites municipais indefinidos também são causas de outros litígios que envolvem ações de governo e repasse de verbas. Alguns casos mais comuns estão relacionados a obras em espaços legalmente fora do município, situações de desobediência administrativa e civil ao limite licitamente estabelecido, distorções na vinculação do eleitorado ao município, prejuízos na arrecadação de impostos, repasse do Fundo de Manutenção do Ensino Básico e distorções nos dados populacionais, estatísticos e econômicos. Assim, é importante o estudo destes casos, onde coexistem duas realidades territoriais adjacentes que pertencem a municípios diferentes e, muitas vezes, sujeitas a parâmetros urbanísticos e formas de ocupação do território muito diversas. Nestes estudos é necessário dispor de ferramentas adequadas e eficientes para visualizar a sobreposição das transformações passadas em camadas temporais e espaciais. As ferramentas de geoprocessamento são especialmente úteis e eficientes, pois possibilitam visualizar, compreender e quantificar a ação dos agentes modeladores das paisagens.

Todo esse contexto remete à necessidade do desenvolvimento de estudos científicos, bem como, de ações governamentais para financiamento e incentivo à produção de bases cartográficas de qualidade para todo o território nacional, as quais são consideradas, por consenso geral, como instrumentos essenciais para desenvolvimento do país.

## **Gestão dos limites municipais no estado de Minas Gerais**

No estado de Minas Gerais, o órgão gestor das questões relacionadas a limites municipais é o Instituto de Geociências Aplicadas (IGA), recentemente transformado em Instituto de Geoinformação e Tecnologia (IGTEC), de acordo com a lei estadual 21.081, de 27/12/2013 (MINAS GERAIS, 2013). Porém, desde a criação da Emenda Constitucional nº 15, qualquer alteração de divisas relativa aos municípios está suspensa aguardando aprovação de Lei Complementar Federal, conforme Artigo 18 da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1996):

§ 4º A criação, a incorporação, a fusão e o desmembramento de Municípios, far-se-ão por lei estadual, dentro do período determinado por Lei Complementar Federal, e dependerão de consulta prévia, mediante plebiscito, às populações dos Municípios envolvidos, após divulgação dos Estudos de Viabilidade Municipal, apresentados e publicados na forma da lei. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 15, de 1996).

Assim, O IGTEC está impossibilitado de alterar limites municipais até que a legislação sobre o tema seja concluída. Uma das questões que merece destaque na indefinição dos limites municipais está relacionada à arrecadação dos municípios que depende de diversos fatores tais como: o número de habitantes, a área territorial total, cobrança de impostos e repasse de verbas federais. A Lei 13.803, de 27/12/ 2000 (MINAS GERAIS, 2000), dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos municípios. Os parâmetros que influenciam na arrecadação são: a relação percentual entre a área geográfica do município e a área total do estado, a relação percentual entre a população residente no município e a população total do estado, além da produção, circulação de mercadorias e prestação de serviços, quando o estabelecimento do contribuinte do imposto se estender pelos territórios de mais de um município. Portanto, grande responsabilidade recai sobre o IGTEC e o IBGE para o fornecimento de informações fidedignas com relação à área do município e ao número de habitantes, visto que influenciam de forma importante no cálculo da receita de cada município em relação ao ICMS.

Para fins de apuração e entrega de documentos relativos ao Valor Adicionado Fiscal, para efeitos de distribuição da parcela do ICMS pertencente aos municípios, também é função do IGTEC emitir certidão de proporcionalidade para os devidos cálculos do ICMS. Esta questão torna-se complexa porque atribui a responsabilidade ao IGTEC quanto à emissão de uma certidão de pertencimento, na qual é informada a porcentagem de área relativa para cada município. Entretanto, grande parte dos produtos cartográficos e as legislações existentes não propiciam este nível de detalhamento necessário para atingir acurácia fidedigna e cálculo confiável.

## Metodologia

O estudo está voltado para a região de divisas entre Nova Lima e Belo Horizonte ilustrada na Figura 1, cujos limites foram deteriorados devido ao processo de urbanização e pela descaracterização dos divisores naturais. A região envolve atualmente o Bairro Vila da Serra pelo lado de Nova Lima e o Bairro Belvedere do lado de Belo Horizonte. A Figura 2 apresenta um fluxograma que resume o método de trabalho aplicado.

Figura 1 - Mapa de Localização do município de Nova Lima - MG.

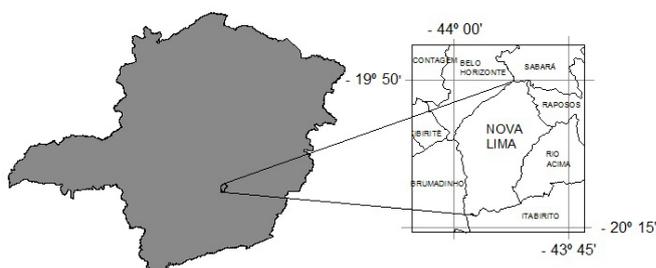
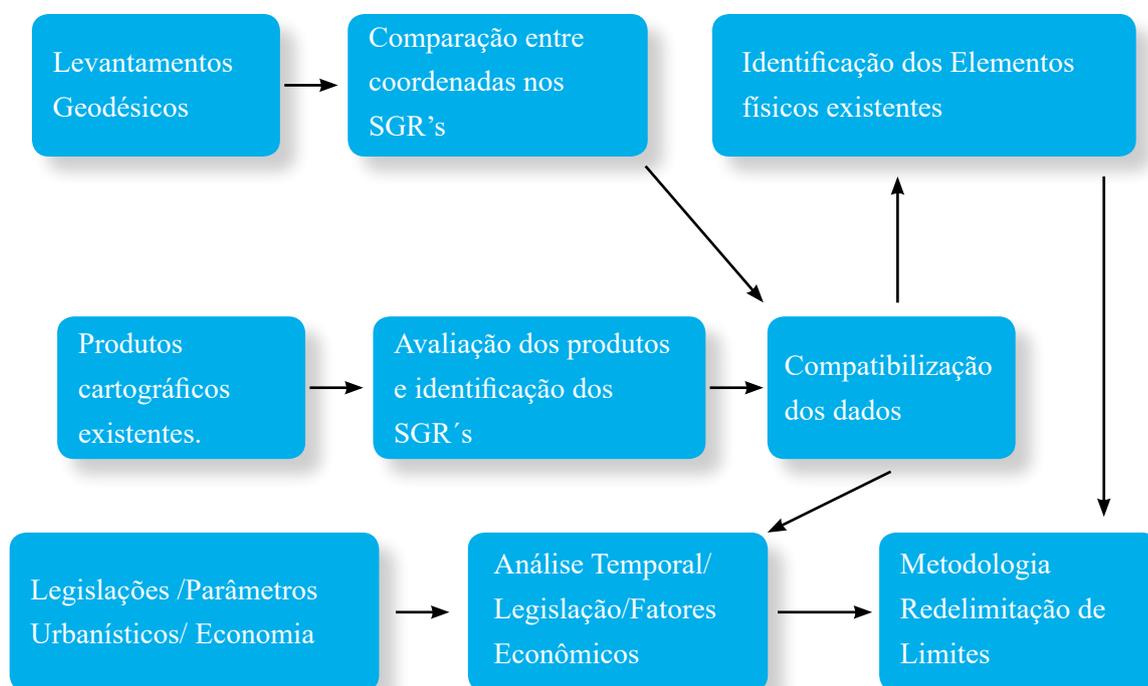


Figura 2 - Fluxograma do método de trabalho.

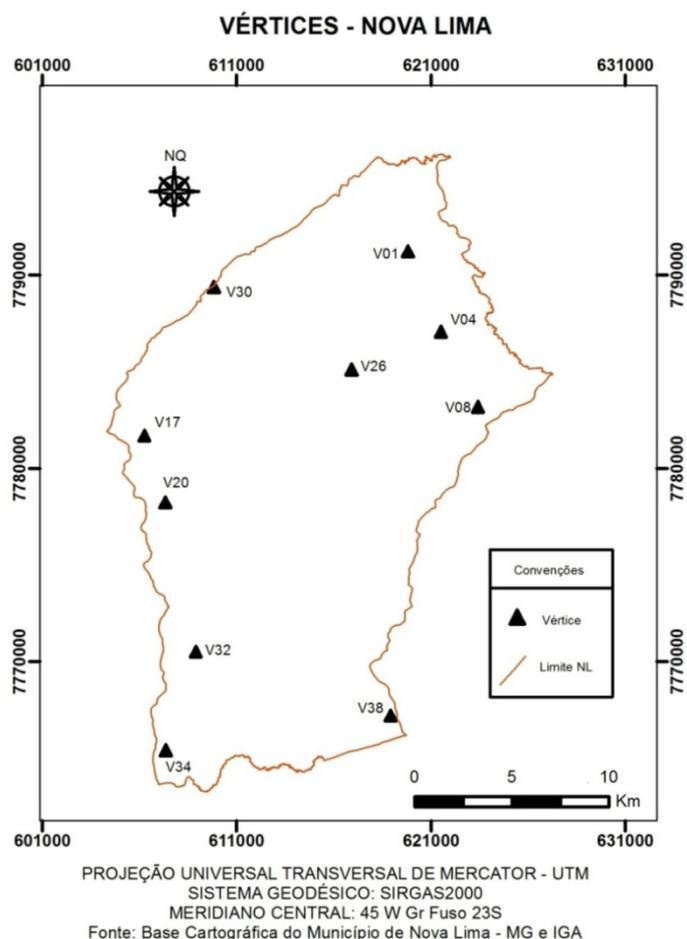


A metodologia utilizada incorporou ambientes de geoprocessamento, imagens e métodos de sensoriamento remoto para o georreferenciamento de mapas históricos, tecnologia GPS, bem como a avaliação dos conflitos de interesses municipais. Para

a coleta, processamento de dados e geração de mapas foram utilizados receptores geodésicos do sistema GPS de dupla-frequência, modelo Promark 500, da marca Ashtech e os softwares GNSS Solutions, PROGRID, AUTOCAD2010 e ARCGIS 10.1.

No levantamento geodésico para quantificação de diferenças entre os SGR foram selecionados, materializados e rastreados 10 vértices espacialmente distribuídos ao longo do perímetro de Nova Lima, conforme esquema da Figura 3. No levantamento e cálculo das coordenadas de todos os vértices utilizou-se, originalmente, o SGR SIRGAS2000 e o sistema de projeção UTM, fuso 23 Sul. O levantamento foi realizado pelo método de posicionamento relativo estático que garante precisões submétricas, referenciadas à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE.

Figura 3. Vértices utilizados para verificação das coordenadas em diferentes SGR.



Por meio do software Progrid, disponibilizado pelo IBGE, foi realizada a transformação entre SGR com vistas a fazer um estudo das diferenças entre as coordenadas das 10 estações nos diferentes sistemas. As transformações foram

de SIRGAS2000 para as duas realizações do Córrego Alegre e para as diferentes realizações do SAD69.

O limite entre Nova Lima e Belo Horizonte foi lançado na base cartográfica do município de Nova Lima por meio de um arquivo vetorial digitalizado a partir da carta do IBGE de 1979, escala de 1:50.000. O Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para essa carta é de 25 m, tendo em vista sua inclusão na classe “A” e sua elaboração pelo método de levantamento aerofotogramétrico.

Com base no método de ajuste polinomial foi realizada a operação de registro das cartas digitalizadas do município de Belo Horizonte, elaboradas pela empresa de aerolevantamentos Cruzeiro do Sul S.A. em 1967. Na sequência, foi realizada a transformação da carta no sistema Córrego Alegre para o sistema geodésico SIRGAS2000, com objetivo de fazer a validação da divisa oficial fornecida pelo IGTEC.

A divisa fornecida pelo IGTEC foi compatibilizada na base cartográfica do município de Nova Lima com a finalidade de identificação das áreas de conflito e posterior verificação dos elementos físicos existentes, tais como: eixos de ruas, fundos de lotes, quadras e outros.

Foi feito o levantamento dos parâmetros urbanísticos estabelecidos pelos Planos Diretores de cada município, com intuito de identificar as inconsistências urbanísticas existentes na região de estudo.

Foi examinada a questão econômica envolvida na região de estudo a fim de avaliar possíveis perdas advindas de modificação dos limites. Essa questão considerou dados relativos à arrecadação (IPTU, ITBI, ISS, ICMC), além de informações sobre o Fundo de Participação dos Municípios e os ônus referentes aos serviços públicos realizados na região.

Para completar o escopo da metodologia foi proposto o esboço de um roteiro para sistematizar o estabelecimento de divisas municipais georreferenciadas com base nos dados cartográficos, na legislação, nos fatores econômicos e na configuração geográfica local. O roteiro indica os passos mais importantes para promover a regularização das áreas limítrofes procurando conciliar os diferentes interesses relacionados às competências administrativa, tributária, jurisdicional e registral.

## **Resultados e discussões**

Os resultados da quantificação das diferenças entre SGR mostraram que, para

a região de estudo, existe uma diferença média de 2,65 m entre as duas realizações do sistema Córrego Alegre, com desvio padrão de 0,02 m (Tabela 1). Com relação ao sistema SAD69, a maior diferença foi registrada entre o SAD69 clássico e o SAD69/96, que apresentou valor médio de 2,18 m e desvio padrão de 0,07 m (Tabela 2). Considerando o erro gráfico, convencionado como 0,2mm, e a legislação que trata do PEC, é possível afirmar que, sem o conhecimento da realização do SGR da carta, seja em Córrego Alegre ou seja em SAD69, esse documento cartográfico não pode ser representado com Classe A, em escala maior que 1:5.000, apresentando detalhamento menor que 1 m.

Tabela 1 - Diferença de coordenadas entre as duas realizações do sistema Córrego Alegre obtidas nos vértices mostrados na Figura 3.

Sistema/ Descrição	Córrego Alegre 1961		Córrego Alegre (1970+1972)		Diferença (m) 61 e 70/72
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	
V01	619786,62	7791197,01	619788,89	7791195,63	2,67
V04	621480,09	7787043,77	621482,35	7787042,37	2,66
V08	623387,33	7783147,91	623389,59	7783146,49	2,67
V17	606226,40	7781664,22	606228,62	7781662,83	2,62
V20	607305,13	7778202,68	607307,36	7778201,27	2,63
V26	616881,82	7785085,02	616884,10	7785083,62	2,67
V30	609797,94	7789356,56	609800,20	7789355,20	2,64
V32	608872,60	7770478,83	608874,83	7770477,38	2,65
V34	607324,20	7765379,83	607326,40	7765378,37	2,64
V38	618892,04	7767175,15	618894,29	7767173,72	2,67
<b>Média</b>					2,65

Tabela 2 - Diferenças de coordenadas entre as diversas realizações do sistema SAD69 obtidas nos vértices mostrados na Figura 3.

	SAD69 Rede Clássica		SAD69/96 Rede Clássica		SAD 69 Técnica Doppler ou GPS		Diferença (metros)			
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	69 x 96	96 x GPS	69 x GPS	
<b>V01</b>	619807,36	7791232,98	619806,63	7791234,96	619806,39	7791234,19	2,11	0,81	1,55	
<b>V04</b>	621500,82	7787079,72	621500,10	7787081,74	621499,85	7787080,98	2,15	0,80	1,59	
<b>V08</b>	623408,07	7783183,84	623407,33	7783185,90	623407,07	7783185,15	2,19	0,80	1,64	
<b>V17</b>	606247,07	7781700,17	606246,47	7781702,22	606246,23	7781701,48	2,13	0,78	1,55	
<b>V20</b>	607325,81	7778238,61	607325,21	7778240,70	607324,97	7778239,96	2,17	0,77	1,60	
<b>V26</b>	616902,56	7785120,97	616901,88	7785123,00	616901,63	7785122,24	2,14	0,80	1,58	
<b>V30</b>	609818,65	7789392,56	609818,01	7789394,52	609817,77	7789393,76	2,07	0,80	1,50	
<b>V32</b>	608893,28	7770514,71	608892,70	7770516,89	608892,45	7770516,18	2,26	0,75	1,69	
<b>V34</b>	607344,86	7765415,70	607344,29	7765417,91	607344,04	7765417,21	2,28	0,74	1,72	
<b>V38</b>	618912,77	7767211,05	618912,11	7767213,24	618911,85	7767212,52	2,29	0,76	1,74	
							<b>Média</b>	2,18	0,78	1,61

A diferença entre as coordenadas no sistema Córrego Alegre realização inicial e no sistema SIRGAS2000 apresentaram diferença média de 26,06 m. Com relação ao SAD69 e o SIRGAS2000 esta diferença é de 63,19 m. Quando se comparou o SAD69 com o Córrego Alegre, identificou-se uma diferença média de 41,50 m. Este resultado do estudo demonstra que é indispensável a informação do sistema geodésico e, também, da sua realização utilizados na elaboração de uma planta para que o produto tenha confiabilidade a nível de trabalhos cadastrais. Portanto, fica claro que estudos de problemas de limites municipais para fins cadastrais, com base em cartas do IBGE, escala 1:50.000, não são recomendáveis devido ao PEC incompatível com o nível de detalhamento da representação urbana. Documentos cartográficos com escalas maiores são indispensáveis para essas finalidades.

O IGTEC, em 2008, através do Projeto: “Redelimitação da Região Metropolitana de Belo Horizonte”, apresentou uma proposta para descrição da divisa entre Belo Horizonte e Nova Lima nos termos a seguir:

*Começa no entroncamento das serras da Moeda e José Vieira, no lugar denominado “Varginha”, ponto fronteiro ao córrego Morro Velho; continua pela cumeada da serras de José Vieira, da Mutuca e do Cachimbo, atravessa a BR-040 e prossegue pelo espigão fronteiro, denominado serra do Rabelo, atravessando o pátio da Faculdade Milton Campos, e em seguida a MG-030, no ponto em que ela é transposta pelo pontilhão da estrada de ferro; segue pela estrada de ferro, até o ponto em que ela cruza a rua Diciola Horta; virando à esquerda segue por esta rua; até a rua Jornalista Djalma Andrade; por esta, à direita, depois pela rua Jorge Marini, à esquerda, até seu ponto culminante, no alto do Acaba-Mundo, junto às antenas de onde se defronta a “curva do Xuá”, na BR-040); continua pela cumeada das*

*serras do Curral e do Taquaril, até alcançar o ponto fronteiro à cabeceira do córrego da Olaria, junto ao marco "CT".*

A diretriz adotada pela equipe técnica do IGTEC consistiu em percorrer toda a linha divisória dos Municípios que apresentam áreas com problemas de identificação. Adotou-se o traçado das ruas em áreas conurbadas e foram mantidos os acidentes geográficos nos locais ainda não urbanizados e bem preservados. O estudo realizado envolveu apenas questões geográficas, porém, não teve desfecho conclusivo devido a diversas indagações político-administrativas. A Figura 4 ilustra um trecho do limite proposto em 2008.

Figura 4 - Detalhe do limite proposto pelo IGTEC em 2008.



A proposta sugere a divisa no eixo da Alameda da Paisagem e no eixo da Alameda da Serra (atual Avenida Oscar Niemeyer). Pode-se verificar que grande parte dos lotes no trecho norte da Alameda da Serra seriam transferidos para a jurisdição de Belo Horizonte. Porém, há na região uma Área Institucional e uma Área Verde, ambas áreas públicas do município de Nova Lima. Assim, a efetivação dessa proposta teria trazido ônus ao município de Nova Lima que perderia áreas de equipamentos urbanos em local estratégico.

A Figura 5 representa a divisa definida pelos estudos do IGTEC em 2012, lançada na base cartográfica do município, onde se verifica que a divisa adentra uma das quadras do Bairro Vila da Serra e do Bairro Belvedere. A divisa foi obtida a partir das cartas elaboradas pela Cruzeiro do Sul S.A., com base em levantamentos aerofotogramétricos de 1967 e publicadas em 1969 pela Prefeitura de Belo Horizonte. As cartas foram elaboradas originalmente no sistema Córrego Alegre e, posteriormente, convertidas

para SIRGAS2000. No escopo do presente estudo foi feita uma verificação para testar a correção da transformação destes sistemas geodésicos. Os valores obtidos foram similares aos disponibilizados pelo IGTEC.

Figura 5 - Divisa Nova Lima-Belo Horizonte definida pelo IGTEC em 2012.



Por meio da sobreposição do limite na planta de aprovação dos bairros, verificou-se que os lotes 12, 13 e 14 da quadra 54 do loteamento Belvedere, aprovado no município de Belo Horizonte em 1980, pertencem na realidade ao município de Nova Lima. O loteamento Vale do Sereno foi aprovado em 1982 em Nova Lima, porém apresenta partes dos lotes 21 a 28 da quadra E e dos lotes 1 a 4 da quadra D inseridas no município de Belo Horizonte. Casos de conflitos similares são comuns em todo perímetro de Nova Lima e podem ser exemplificados pelos loteamentos: Riviera na divisa com Belo Horizonte, Serra dos Manacás na divisa com Brumadinho e Água Limpa na divisa com Itabirito.

Em relação aos parâmetros urbanísticos da região em análise, o loteamento Belvedere, na sua porção inserida em Nova Lima, está incluso na zona ZOCS3, definida pelo Plano Diretor Municipal para usos multifamiliares e comerciais com edificações acima de seis pavimentos. Na porção de Belo Horizonte o zoneamento estabelecido é o ZP-2 que é restrito a baixos índices de densidade demográfica. Esse contraste gera problemas urbanísticos indesejáveis, tendo em vista que o loteamento Belvedere foi planejado para instalação de residências e não comporta a instalação de prédios. Assim, o conflito de parâmetros urbanísticos pode produzir sérias desconformidades com relação às proximidades.

Também no bairro Vila da Serra, parte dos lotes estão inseridos em ZOCS3 pelo

município de Nova Lima e em ZP-1 por Belo Horizonte onde esta zona é definida nos seguintes termos: “regiões predominantemente desocupadas, de proteção ambiental e preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico ou paisagístico ou em que haja risco geológico, nas quais a ocupação é permitida mediante condições especiais”.

Com base em dados econômicos advindos de pesquisas relacionadas à arrecadação de Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza (ISS) no município de Nova Lima, a Tabela 3 apresenta uma síntese dos valores recebidos no ano de 2013 referentes aos lotes com dúvidas de pertencimento dos municípios.

Tabela 3 - ISS dos lotes na parte de Nova Lima.

Quadra	Lotes	Número de estabelecimentos comerciais	Endereço	Ano 2013
D	1 a 4	18	R. Min. Orozimbo Nonato, 102	R\$ 190.276,21
E	26 a 30	18	R. da Paisagem, 220	R\$ 2.663.956,75
E	21 a 25	59	R. da Paisagem, 240	R\$ 1.087.585,92
<b>Total</b>				R\$ 3.941.818,88

Quanto aos lançamentos de ITBI, o município arrecadou no de ano de 2013, na região objeto do estudo, o equivalente a R\$ 1.647.112,79 relativo às transferências de propriedades. Os dados da arrecadação sobre IPTU, taxas de coletas de lixo, limpeza pública e iluminação pública no ano de 2013 estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - IPTU dos lotes na parte de Nova Lima.

Quadra	Lotes	Endereço	Ano 2013
D	1 a 4	Rua Min. Orozimbo Nonato, 102	R\$ 136.830,30
E	26 a 30	Rua da Paisagem, 220	R\$ 135.503,00
E	21 a 25	Rua da Paisagem, 240	R\$ 99.647,72
<b>Total</b>			R\$ 371.981,02

Com relação à previsão de arrecadação relativa ao IPTU do exercício 2014, o município projeta uma arrecadação em torno de R\$ 401.261,43 para os lotes em questão. Pode-se verificar que a arrecadação anual (2013) corresponde a quase seis milhões de reais com ISS, IPTU e ITBI. Destaca-se, ainda, que o município arca com despesas relacionadas a esses imóveis, principalmente na manutenção dos serviços públicos e na fiscalização. Estes custos não foram objeto de mensuração na pesquisa. Um dos objetivos do estudo é indicar as possibilidades adequadas de adaptações e alterações de limites em loteamentos compreendidos em mais de um município, de forma a possibilitar compensações e acordos entre as partes, em função das novas configurações urbanas. Assim, verificou-se que as questões econômicas devem

ser envolvidas no processo, com objetivo de conciliar perdas financeiras para os municípios. Com base nessas premissas, a sugestão extraída do estudo propõe um roteiro para a remodelação das divisas municipais contendo as oito etapas a seguir: 1) Indicação, pelos municípios, de técnicos com formação multidisciplinar, afeita à questão, que juntamente com os técnicos do IGTEC constituem uma comissão de negociação e conciliação de limites; 2) Elaboração, pelo IGTEC, da certidão de pertencimentos das áreas que estão em partes nos dois municípios; 3) Realização do levantamento dos dados socioeconômicos, culturais e urbanísticos dessas áreas; 4) Realização de audiências públicas em ambos os municípios para discussão e divulgação; 5) Realização da negociação pelos municípios com o aval participativo da sociedade e dos técnicos das áreas envolvidas; 6) Apresentação da proposta ao poder legislativo de cada município; 7) Realização, pelo IGTEC, do georreferenciamento, de acordo com a Proposta de Remodelação das Divisas e consequente geração do memorial descritivo do novo Limite; 8) Encaminhamento do projeto à Assembleia Legislativa para homologação e publicação no Diário Oficial;

No caso de novos parcelamentos nas proximidades das divisas municipais o empreendedor deve requerer ao IGTEC a demarcação física da divisa antes da elaboração do projeto urbanístico para permitir planejamento adequado do projeto e evitar lotes pertencentes a mais de um município. É muito recomendável, quando possível, a implantação de uma avenida com canteiro central na divisa municipal. Na impossibilidade da implantação de avenidas, podem ser implantadas áreas verdes na linha limítrofe cuja largura deve ser igual ou superior à precisão cartográfica da divisa demarcada pelo IGTEC.

As tendências cadastrais modernas indicam que os limites e fronteiras territoriais necessitam ser georreferenciados, assim os textos das leis devem ser revistos para utilizar referências vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e acompanhar a evolução dos levantamentos cadastrais. Uma forma eficiente de dar maior alcance a essas medidas é através da criação, pelos órgãos gestores da demarcação das divisas em cada estado, de uma norma conjunta com definição da precisão e das técnicas a serem adotadas para cada tipo de delimitação. Cita-se como exemplo, a Norma de Georreferenciamento de Imóveis Rurais - 3ª Edição do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA,2013), na qual são utilizados os seguintes parâmetros:

- Limites artificiais (cercas, muros, eixos de vias) devem possuir precisão de 0,50 m (qualidade cadastral);

- Limites naturais (rios, linhas de cumeada, grotas) com precisão de 3 m;
- Limites inacessíveis com precisão acerca de 7,5 m.

Considera-se importante que os **órgãos** gestores de divisas territoriais avaliem os parâmetros, **métodos**, instrumentos e conceitos abordados neste estudo para produzir uma norma padrão nacional, a qual deve ser aplicada na realização do georreferenciamento dos limites municipais. As normativas devem descrever as técnicas possíveis de aplicação nas situações de limites artificiais, naturais e inacessíveis. As técnicas podem contemplar o sistema GNSS (método relativo estático, cinemático ou RTK), topografia convencional (poligonação, triangulação ou irradiação), aerofotogrametria, varredura a laser e sensores orbitais.

Com relação à superfície de projeção e sistema de coordenadas, observa-se que o sistema UTM apresenta algumas limitações, como os fusos parciais de 6° de amplitude em longitude e as deformações inerentes à própria projeção, que chegam a atingir 1:2500 nos extremos de cada fuso parcial. Portanto, deve ser estudado um sistema que reduza as deformações inerentes à própria projeção e que evite o uso de prolongamento dos fusos parciais. Pode-se, por exemplo, usar o sistema de coordenadas geográficas para o memorial descritivo através de latitudes e longitudes, enquanto para o cálculo de áreas pode-se usar coordenadas cartesianas locais referenciadas ao Sistema Geodésico Local (SGL). Desta forma, os resultados obtidos expressam melhor a realidade física, se comparados aos valores referenciados ao Sistema UTM. Algumas dessas ideias estão contempladas na Norma Técnica de Georeferenciamento de Imóveis Rurais (INCRA, 2013).

## **Conclusões e considerações**

O trabalho cumpriu seus objetivos na medida em que a metodologia produziu resultados satisfatórios dos quais podem ser inferidas as conclusões e considerações que se seguem.

O ambiente de geoprocessamento usado como ferramenta de suporte para a investigação foi um meio fundamental para visualizar e analisar a sobreposição das transformações ocorridas nas camadas temporais e espaciais das áreas em estudo, pois permitiu fazer prospecções das paisagens do passado e recompor partes do ambiente urbano. A integração do ambiente de geoprocessamento com os recursos da cartografia permitiu o manuseio e a análise de informações de modo sistêmico, garantiu a

construção de um modelo de representação espacial muito próximo da realidade e incorporou expressivo potencial de comunicação. Ou seja, o estudo comprovou que os métodos de cartografia e geoprocessamento são instrumentos adequados para fornecer subsídios as diferentes instâncias do planejamento municipal relacionadas à gestão dos limites territoriais.

Os resultados, as análises e as discussões apresentadas no trabalho demonstraram claramente que a recuperação de informações espaciais é afetada por diferentes fatores, tais como: a precisão do produto cartográfico, a falta de referência sobre a realização do Sistema Geodésico Brasileiro ao qual os dados espaciais estão vinculados, a escala do documento cartográfico, o grau de generalização das informações e as distorções próprias da projeção cartográfica para sua visualização. Diante desses fatores, e dada a existência de incompatibilidades e distorções nas redes Córrego Alegre e SAD69 em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro, conclui-se que é indispensável uma análise local criteriosa, apoiada por conhecimentos e técnicas cartográficas, nos casos de estudos e trabalhos que envolvem limites de territórios municipais ou estaduais. Portanto, o problema de inconsistências nas linhas divisórias dos municípios da RMBH, estabelecidas nas décadas de 1940 e 1950, por meio de acidentes geográficos, já removidos ou descaracterizados, pode ser solucionado com base nos resultados do trabalho, o qual pesquisou pontos importantes da questão dos limites e indicou alguns caminhos capazes de atingir soluções satisfatórias.

O trabalho também deixou claro que a indefinição de limites implica em problemas relevantes para as municipalidades e para os moradores, relacionados à pertinência administrativa de logradouros, propriedades e regiões administrativas. Essa questão implica em casos de bitributação municipal, de impedimentos na execução de melhoramentos, de obstrução na prestação de serviços públicos, de localização errônea de escolas municipais, urnas e seções eleitorais. Assim, o problema da gestão de limites necessita de solução adequada e requer aprovação de instrumentos legais para dar o devido suporte aos recursos humanos imbuídos das tarefas de adequação dos limites à realidade urbana. Essas equipes de trabalho devem ser, necessariamente, multidisciplinares, pois nas alterações geográficas estão envolvidas, também, questões culturais, parâmetros urbanísticos e fatores econômicos.

## Referencias Bibliográficas

BRASIL. Emenda Constitucional nº 15 de 12 de setembro de 1996. Dá nova redação ao §4 da Constituição Federal. Brasília, 1996.

CARVALHO, G. A.; LEITE, D. V. B. Geoprocessamento na gestão urbana municipal - a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Natal, RN, Brasil, 25-30 de abril de 2009.

DONNELLY, G. J. Fundamentals of Land Ownership, Land Boundaries, and Surveying. The Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping - ICSM. 1985 Disponível em:

[http://www.icsm.gov.au/cadastral/Fundamentals\\_of\\_Land\\_Ownership\\_Land\\_Boundaries\\_and\\_Surveying.pdf](http://www.icsm.gov.au/cadastral/Fundamentals_of_Land_Ownership_Land_Boundaries_and_Surveying.pdf). Acesso em 20/09/2014.

FRAU, C. M.; PINO, L. M.; ROJAS, Y. O.; HERNÁNDEZ, Y. M. Modelamiento geométrico del cambio de coordenadas UTM causadas por mudanza de referencial geodésico. caso

SIRGAS – Chile, Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 18, n.4, p. 583-604, 2012.

FREITAS, S. R. C.; LAZZAROTTO, D. R.; SLUTER, C. R.; LUZ, R. T. Avaliação da Compatibilidade dos Sistemas Geodésicos de Referência no Brasil. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 10, n.2, p. 225-239, 2004.

GOPIKRISHNAN, T.; RAMAKRISHNAN, S. S. Projection analysis for cadastral mapping. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 19, n. 4, p.729-745, 2013.

IBGE - Resolução Nº 1/2005 de 25 de fevereiro de 2005. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro, Rio de Janeiro, 2005.

IGA. Projeto: “Redelimitação da Região Metropolitana de Belo Horizonte”. Belo Horizonte, 2008.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. Relatório: Redefinição dos Limites e Divisas dos Municípios do Estado do Maranhão. São Luís, MA, 2011.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Brasília, 2013.

KLEIN, I.; MATSUOKA, M. T.; MONICO, J. F. G. Proposta para a estimativa da acurácia de redes geodésicas horizontais integrando análise de robustez e de covariância. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 19, n. 4, p.525-547, 2013.

MACEDO, M. R. A.; ROCHA, J.F.; SANTOS, C. A.; MIRANDA, R.S. Revisão dos limites municipais do estado do Pará com uso das geotecnologias. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013,

MINAS GERAIS. Lei 336 de 27 de dezembro de 1948. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1948.

MINAS GERAIS. Lei 13.803, de 27 de dezembro de 2000. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do

ICMS dos municípios. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

MINAS GERAIS. Lei 21.081, de 27 de dezembro de 2013. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MONICO, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações. 2 ed. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

OLIVEIRA, C. Cartografia Moderna. IBGE, Rio de Janeiro, 1993.

PEIXOTO, M. C. D. Expansão urbana e proteção ambiental: um estudo a partir do caso de Nova Lima / MG, Anais do XI encontro nacional da ANPUR, Salvador, 23 a 27 de maio de 2005.

SANTOS, J. B. B.; TEZA, C. T. V.; SALLUM, H. UHE Samuel: delimitação dos limites municipais na área do reservatório. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa, PB, Brasil, 25-29 de abril de 2015.

SEEBER, G., Satellite Geodesy – Foundations, Methods and Applications –

Berlin, New York. 1993.

ZANETTI, M.A.Z. Implicações Atuais no Relacionamento entre Sistemas Terrestres de Origem Local e Geocêntrica. Tese de doutorado, CPGCG, UFPR, 111pp. 2006.