Paulo Sztutman

**ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL DAS BASES DO GOOGLE
MAPS, BING MAPS E DA ESRI PARA REFERÊNCIA ESPACIAL EM
PROJETOS EM SIG: APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE SÃO
PAULO**

São Paulo

2014

Paulo Sztutman

**ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL DAS BASES DO GOOGLE MAPS, BING
MAPS E DA ESRI PARA REFERÊNCIA ESPACIAL EM PROJETOS EM SIG:
APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

São Paulo

2014

Catlogação-na-publicação

Sztutman, Paulo

Análise da qualidade posicional das bases do Google Maps, Bing Maps e da Esri para referência espacial em projetos em SIG: aplicação para o município de São Paulo / P. Sztutman. -- São Paulo, 2014.

182 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Sistema de informação geográfica (Qualidade) – São Paulo (SP) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t.

Paulo Sztutman

**ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL DAS BASES DO GOOGLE MAPS, BING
MAPS E DA ESRI PARA REFERÊNCIA ESPACIAL EM PROJETOS EM SIG:
APLICAÇÃO PARA O MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Pimentel Cintra

São Paulo

2014

A

Elias e Eva

Cecilia e Lia

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Jorge Pimentel Cintra pelo apoio e orientação durante o desenvolvimento desta dissertação.

Aos amigos Cristiane Miuki Isogai e Claudomiro dos Santos pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos Professores Edvaldo Simões da Fonseca Junior e Alfredo Pereira de Queiroz Filho pelas críticas e sugestões realizadas durante o exame de qualificação.

A Patrícia Santana por me ajudar com os processos administrativos.

A minha família pela ajuda, apoio e compreensão durante o todo o processo de desenvolvimento desta dissertação.

A todos que direta e indiretamente ajudaram na elaboração deste trabalho.

RESUMO

A presente pesquisa analisou a acurácia posicional horizontal das bases do Bing Maps, Google Maps e da World Imagery da Esri quando utilizadas como referência espacial on-line em um Sistema de Informação Geográfica no Município de São Paulo (MSP). A metodologia adotada foi a baseada no Decreto Federal nº 89.817/84 e na Análise Estatística proposta por Merchant (1982). A análise da acurácia foi desenvolvida a partir das diferenças entre as coordenadas de 240 pontos nas cartas 1:1.000 do Mapa Digital da Cidade de São Paulo (MDC) em relação às coordenadas homólogas nas três bases, considerando separadamente as coordenadas do eixo Norte e Este. A base do Google Maps para o MSP foi dividida em duas (mosaico de ortofotos na área central e mosaico de imagens de satélite nas regiões periféricas), devido à grande diferença de acurácia entre os dois produtos. Para classificar cada base a partir do Decreto 89.817 foi definida a escala na qual somente 10% das discrepâncias tivessem seu valor superior ao PEC, e a escala na qual o *Root Mean Square Error* (RMSE) da amostra das discrepâncias fosse igual a 60,8% do PEC. A escala final selecionada foi a menor (menos detalhada) entre as definidas em cada um dos processos. A Análise Estatística foi baseada nos testes de tendência e precisão. Como as três bases apresentaram tendência, a escala definida pelo teste de precisão não foi considerada no cômputo final das escalas, devido à dificuldade de se eliminar a tendência nessas bases quando utilizadas no SIG. As escalas finais obtidas, relativas à classe A, foram: Google Maps (imagens de satélite): 1:12.400; Google Maps (ortofotos): 1:3.588; Bing Maps: 1:10.881 e Word Imagery da ESRI: 1:8.420. Concluiu-se que os três produtos com escalas próximas a 1:10.000 apresentam acurácia para serem utilizados como bases em SIGs nos estudos para planejamento urbano e que o Google Maps (ortofotos, com escala próxima a 1:4.000) pode ser igualmente utilizada para planejamento, mas em função de sua acurácia maior, pode servir também para a gestão de serviços urbanos. A principal limitação encontrada para as bases no uso como referência espacial em SIGs foi a inclinação das feições distantes do nadir da imagem ou da ortofoto e o consequente recobrimento de áreas adjacentes a essas feições. Entretanto, essa limitação se mostrou quase desprezível para as escalas definidas para as bases na análise da acurácia.

Palavras-Chaves: Acurácia posicional. Google Maps. Bing Maps. Esri. São Paulo

ABSTRACT

This research has analyzed the horizontal positional accuracy of basemaps Bing Maps, Google Maps and ESRI's World Imagery when used as an online spatial reference within a Geographic Information System for the municipality of São Paulo. The methodology was based on criteria defined by Brazil Federal Decree 89817/84 and in the analysis proposed by Merchant (1982). The accuracy analysis was developed observing the discrepancies between coordinates of selected 240 points from the 1:1000 digital map of São Paulo compared to corresponding points in the three basemaps, (coordinate directions North and East were considered separately). The Google Maps basemap for the city of São Paulo was divided in two (orthophoto mosaic for the central area and satellite images mosaic in the remainder peripheral areas), due to the considerable differences in their accuracy patterns. In order to classify each basemap as per Federal Decree 89.817, we have defined a scale in which only 10% of discrepancies were above the $LMAS_{90}$ and the Root Mean Square Error (RMSE) of the discrepancies sample was equal to 60,8% of $LMAS_{90}$. The final selected scale was the smallest (less detailed) of those obtained in each of the processes. The statistical analysis was based on the test of bias error and by a test of precision. Because the three basemaps have presented biases, the final scales defined by the precision test were not considered in the results, for it is difficult to eliminate biases in these basemaps when used in a GIS. We have obtained the following final scales to class A of the Brazilian Decree: Google Maps (area covered by satellite images): 1:12.400; Google Maps (area covered by orthophotos): 1:3.588; Bing Maps: 1:10.881 and ESRI's Word Imagery: 1:8.420. In conclusion, (a) the three products with scales around a 1:10.000 present accuracy to be used as basemap in GIS for urban planning studies and (b) Google Maps (area covered by orthophotos, scale around 1:4.000) can be equally used for planning studies, as well as urban services manager, due to its greater accuracy. The key limitations for the use of such basemaps as spatial references in GIS was the inclination of features which are distant from the image or orthophoto nadir (off-nadir effects) and the consequent shadowing of adjoining areas. However, this limitation is almost irrelevant to the scales defined for the basemaps in the accuracy analysis.

Keywords: Positional accuracy. Google Maps. Bing Maps. ESRI's Word Imagery. São Paulo

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
API	<i>Application Programmer Interface</i>
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONCAR	Comissão Nacional de Cartografia
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DENIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DoD	<i>Department of Defense</i>
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMQ	Erro Quadrático Médio
EP	Erro Padrão
EPSG	<i>European Petroleum Survey Group</i>
ET-ADGV -	Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais
FGDC	<i>Federal Geographic Data Committee</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Position System (</i>
GSFC	<i>Goddard Space Flight Center</i>
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

IRM	<i>International Reference Meridian</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITRS	<i>International Terrestrial Reference System</i>
LLR	<i>Lunar Laser Ranging</i>
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
KMZ	<i>Keyhole Markup Language compressed</i>
MDC	Mapa digital da cidade de São Paulo
MDT	Modelo Digital do Terreno
MSP	Município de São Paulo
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NGS -	<i>National Geodetic Survey</i>
NIMA	<i>National Imagery and Mapping Agency</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
OGP-GC	<i>International Association of Oil & Gas producers Geomatics Committee</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
PEC-PCD	Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i> (Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio)
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAD	<i>South American Datum</i>
SLR	<i>Satellite Laser Ranging</i>
SHP	Abreviação do arquivo para dados espaciais Shape do Arcgis
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SCN	Sistema Cartográfico Nacional
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SR-ORG	<i>Spatialreference.org</i>

UTM	Universal Transversa de Mercator
VLBI	<i>Very Long Baseline Interferometry</i>
WGS	<i>World Geodetic System</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i> .

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	6
2. GOOGLE MAPS, BING MAPS E ESRI	7
2.1. GOOGLE MAPS / GOOGLE EARTH.....	7
2.1.1. Bases do Google Maps / Google Earth	10
2.2. BING MAPS.....	14
2.2.1. Base do Bing Maps	16
2.3. ESRI	19
2.3.1. Base da Esri - World Imagery.....	20
2.4. INCLINAÇÃO DAS FEIÇÕES NAS BASES DO GOOGLE MAPS, BING MAPS E DA ESRI.....	23
3. BASE CARTOGRÁFICA E MAPA BASE.....	29
3.1. BASES CARTOGRÁFICAS	29
3.2. MAPA BASE	30
3.3. BASES CARTOGRÁFICAS E SUA UTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DA ESCALA	31
4. ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	34
4.1. CONCEITUAÇÃO DOS TERMOS ACURÁCIA E PRECISÃO.....	35

4.2.	DECRETO FEDERAL Nº 89.817 DE 20 DE JUNHO DE 1984.....	36
4.3.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA INDE RELACIONADAS AO CONTROLE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DIGITAIS	44
4.3.1.	Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) para a INDE.....	46
4.4.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS	50
4.5.	ANÁLISE DA ACURÁCIA DIRETAMENTE PELO DECRETO Nº 89.817 ...	54
4.6.	ANÁLISE DA ACURÁCIA DIRETAMENTE PELA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA ET-ADGV.....	56
4.7.	TRATAMENTO DOS ERROS GROSSEIROS	57
5.	MAPA DIGITAL DA CIDADE DE SÃO PAULO (MDC) - BASE CARTOGRÁFICA DE REFERÊNCIA PARA O CONTROLE POSICIONAL ...	59
5.1.	ACURÁCIA DA BASE DE REFERÊNCIA	61
6.	SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA DAS BASES	65
6.1.	SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA	65
6.1.1.	Sistema de Referência Geodésico WGS84	67
6.2.	SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA DE REFERÊNCIA DO GOOGLE MAPS, BING MAPS E DO WORLD IMAGERY	68
6.3.	SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA DE REFERÊNCIA GEODÉSICO DO MDC.....	70
6.3.1.	Conversão de SAD69/96 para WGS84	72

7. METODOLOGIA.....	77
7.1. ESTRUTURAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA	77
7.2. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	79
7.3. DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM DE CONTROLE	80
7.3.1. Definição da Amostragem de Controle Preliminar	80
7.3.2. Definição da Amostragem Final de Controle	86
7.4. OBTENÇÃO DAS CARTAS DE REFERÊNCIA (MDC) E INSERÇÃO NO SIG.....	90
7.5. HOMOGENEIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REFERÊNCIAS GEODÉSICOS E DE PROJEÇÃO PARA O ESTUDO.....	90
7.5.1. Conversão do Sistema de Referência e de Projeção das Cartas do MDC	91
7.6. DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E COLETA DOS PONTOS HOMÓLOGOS	92
7.7. CÁLCULO DOS RESÍDUOS (DISCREPÂNCIAS) PARA AS COORDENADAS NO EIXO ESTE E NO EIXO NORTE	96
7.7.1. Sumário Estatísticos das Discrepâncias para E e N	97
7.8. ANÁLISE DOS ERROS GROSSEIROS.....	100
7.9. ANÁLISE POSICIONAL PELO DECRETO Nº 89.817.....	102
7.9.1. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 - Porcentagem do PEC	102
7.9.2. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 - Dispersão da Amostra	104
7.9.3. Classificação dos produtos cartográficos pelo Decreto nº 89.817.....	105
7.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS	106
7.10.1. Teste de Precisão	106
7.10.2. Teste de Tendência.....	110
7.11. DEFINIÇÃO DA ESCALA FINAL DO PRODUTO CARTOGRÁFICO	112
7.12. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA UTILIZANDO O RMSE E CE90	112

8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO	114
8.1. ANÁLISE DOS ERROS GROSSEIROS.....	114
8.2. SUMÁRIO ESTATÍSTICO.....	116
8.3. HISTOGRAMA DAS DISCREPÂNCIAS.....	118
8.4. AVALIAÇÃO DA NORMALIDADE DA POPULAÇÃO DAS DISCREPÂNCIAS	120
8.5. ANÁLISE POSICIONAL PELO DECRETO Nº 89.817	121
8.5.1. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817- Porcentagem do PEC	121
8.5.2. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 - Dispersão da Amostra	122
8.5.3. Definição da Escala Final pelo Decreto nº 89.817	123
8.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS.....	123
8.6.1. Teste de Precisão	123
8.6.2. Teste de Tendência.....	130
8.7. QUADRO RESUMO	132
8.8. QUADRO RESUMO GERAL.....	134
8.9. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA UTILIZANDO O RMSE E O CE90.....	135
9. ANÁLISE DOS RESULTADOS	136
9.1. QUAL ESCALA UTILIZAR: A RESULTANTE DA ANÁLISE PELO DECRETO Nº 89.817 OU PELA ANÁLISE ESTATÍSTICA?.....	136
9.2. ESCALA DA BASE DO GOOGLE MAPS.....	137
9.3. QUAL ESCALA UTILIZAR A PARTIR DO DECRETO Nº 89.817. DISPERSÃO DA AMOSTRA OU PORCENTAGEM DO PEC?.....	138
9.4. A ESCALA DO PRODUTO A PARTIR DAS ESCALAS DO EIXO NORTE E DO EIXO ESTE.	139

9.5. CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS BASES EM RELAÇÃO À ACURÁCIA	139
10. CONCLUSÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS	144
10.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	144
10.2. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	145
REFERÊNCIAS	147
APÊNDICE 1 – TABELAS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE DOS PONTOS HOMÓLOGOS E DAS DISCREPÂNCIAS PARA O GOOGLE MAPS GERAL, GOOGLE MAPS IMAGEM, GOOGLE MAPS ORTO, BING MAPS E PARA A BASE DA ESRI	154
ANEXO 1 – TABELAS ISO 2859-1	180

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A partir de 2009 e 2010 foi possível inserir em vários Sistemas de Informação Geográfica produtos cartográficos disponíveis na internet em servidores de mapas, para serem utilizados como bases de referência para o desenvolvimento de projetos. Pode-se citar como exemplo destes produtos cartográficos a bases do Google Maps desenvolvido pela Google, a base do Bing Maps desenvolvido pela Microsoft ou o World Imagery disponibilizado pela Esri, desenvolvedora do Sistema de Informação Geográfica ArcGis. Esses três produtos serão analisados no presente trabalho.

As empresas desenvolvedoras de SIGs criaram programas acessórios para acesso a essas bases, e outras empresas criaram *plugins*¹ para disponibilizar essas funcionalidades para os SIGs.

Para o SIG Mapinfo, por exemplo, a empresa Map Solution criou em 2009 um *plugin* chamado MapperG que possibilita inserir o Google Maps em uma janela de mapa junto com os outros níveis de informação. Em 2010 a própria desenvolvedora do Mapinfo introduziu no seu programa a possibilidade de inserir o Bing Maps diretamente em sua janela de mapas.

A Esri, a partir de 2010, disponibilizou no ArcGis menus que possibilitam inserir, a partir de servidores de serviços de mapas nas nuvens, o Bing Maps, o OpenStreetMap (OSM), o World Imagery, entre outros. Em 2012 a empresa Arc2Earth desenvolveu uma extensão para o ArcGIS que possibilita inserir o Google Maps como um *layer* nesse SIG.

O SIG Quantum Gis, software com código aberto, possui atualmente um *plugin* chamado Open Layer que permite inserir no SIG o Bing Maps, o Google Maps e o OSM entre outros.

A possibilidade de inserir no SIG esses produtos cartográficos como um nível de informação para servirem de referência espacial permitiu o desenvolvimento de

¹ Programa de computador usado para adicionar funções a outros programas maiores, provendo alguma funcionalidade especial ou muito específica. Geralmente são pequenos e *leves*, e são usados somente sob demanda.

projetos em regiões geográficas desprovidas de bases cartográficas adequadas, com bases desatualizadas ou em regiões com bases com um grau de detalhamento inferior às necessidades.

Uma das limitações para a utilização adequada destes produtos é justamente o desconhecimento da suas acurácias posicionais.

Esta dissertação pretende analisar três produtos disponíveis na Web (bases do Google Maps, Bing Maps e da ESRI) definindo suas acurácias posicionais no Município de São Paulo, e em função destas, apontar possíveis usos e limitações.

1.2. JUSTIFICATIVA

Produtos cartográficos disponibilizados na Web como a base do Google Maps, do Bing Maps ou da ESRI são utilizados largamente como referência espacial em projetos cujos produtos finais são mapas analógicos ou Web Maps. Por exemplo, na biblioteca da CETESB, na seção de EIAs/RIMAs, foram encontrados estudos em que são utilizados estes produtos como referência espacial. Em pesquisa na Internet são encontrados inúmeros *sites* utilizando estes produtos como referência espacial para as informações temáticas. Exemplos incluem o SIGMINE², do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM; o SNIRH³ da Agência Nacional de Águas - ANA, ambos desenvolvidos com o software da ESRI⁴; o site do Atlas dos Remanescentes da SOS Mata Atlântica⁵, o site do acervo fundiário do INCRA⁶ e diversos sites do Ministério do Meio Ambiente⁷ todos desenvolvidos com *softwares* com códigos abertos.

Em outros casos eles são utilizados como referência para a verificação da qualidade de dados. Por exemplo, é comum verificar se os dados coletados com GPS de

² DNPM - SIGMINE - Sistema de Informação Geográfica da Mineração

Fonte: <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em 03/10/2013.

³ ANA - SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre recursos Hídricos

Fonte: <http://www2.snirh.gov.br/home/index.html?M=78A9CD96-B6B4-4514-80F5-D08A0B19A917>

Acesso em 03/10/2013.

⁴ ESRI - Ver item 2.3....

⁵ SOS Mata Atlântica - Atlas dos Remanescentes. Fonte: <http://mapas.sosma.org.br/>. Acesso em 03/10/2013.

⁶ INCRA - Acervo Fundiário

Fonte: <http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/incra.html?96rk8h1t21pgp7gefjvtmdi0h4>.

Acesso em 03/10/2013.

⁷ MMA Geoprocessamento

Fonte: <http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/geoprocessamento>. Acesso em 03/10/2013.

navegação estão corretos inserindo-os sobre um destes produtos e verificando a correspondência espacial entre os pontos do GPS e os locais homólogos.

Na minha vida profissional, utilizei as bases do Google e da Esri em estudos pedológicos e ambientais, em áreas onde não havia bases cartográficas para a região, ou para complementar as bases disponíveis menos detalhadas. Em vários estudos em que participei foram adquiridas novas imagens de satélite desconsiderando a possibilidade da utilização desses produtos, em função do desconhecimento das suas características, principalmente sua acurácia posicional.

Efetivamente, a acurácia desses produtos é pouco documentada. Encontra-se vasta documentação oficial dos desenvolvedores em relação à metodologia para utilizá-los em SIGs ou em sites na Web, mas muito pouco sobre as escalas mais adequadas para a sua utilização considerando a sua acurácia.

Muitas vezes, a falta da informação sobre a acurácia pode levar o usuário a imaginar que ela está correlacionada com a escala de visualização, e nem sempre isto é verdade. A possibilidade de visualizar as feições das imagens do Bing Maps na escala de 1:2.000 ou as do Google Maps na escala 1:300 (em algumas regiões) não necessariamente significa que estes possuem a acurácia posicional compatível com estas escalas.

1.3. OBJETIVOS

O planejamento e a realização de serviços que envolvem questões referentes à localização geográfica dependem de produto cartográfico para referência espacial.

O objetivo desta dissertação é analisar a acurácia posicional das bases do Bing Maps, Google Maps e da Esri (World Imagery) voltadas para a utilização como referência espacial em um Sistema de Informação Geográfica para o Município de São Paulo.

A opção pelo estudo na área geográfica do município de São Paulo se deu principalmente em função de:

- São Paulo possuir uma série de fatores que levam a um grande número de usuários de produtos cartográficos disponíveis na Web como referência espacial em projetos em SIG: megametrópole com uma população de mais de

11 milhões de pessoas (Censo 2010); imensa malha urbana; dinâmica de serviços elevada, etc.

- Existir uma base cartográfica vetorial detalhada relativamente recente (2005 com fotos de 2002) para usar como referência acurada para a análise posicional destes produtos na Web.

Segundo Nero (2005), baseados no trabalho de Merchant (1982), o controle posicional de um produto cartográfico pode ser executado de duas maneiras:

- Comparando com coordenadas de mapeamentos mais acurados. Este produto deve ser três vezes mais acurado que o documento a ser controlado.
- Comparando com coordenadas obtidas em campo, quando não existe mapeamento mais acurado. Esta segunda alternativa possui custo e demandas de tempo para execução superior à primeira alternativa.

No presente estudo, será utilizado como material cartográfico de maior acurácia o Mapa Digital do Município de São Paulo (MDC) desenvolvido a partir de 2002 e disponibilizado para o público via internet em 2013.

Essa base cartográfica vetorial recobre a totalidade do município de São Paulo em duas escalas: 1:1.000 para as áreas urbanizadas e 1:5.000 em áreas de baixa urbanização. Pensando em projetos que exigem maior precisão das bases cartográficas, o presente estudo será desenvolvido para as áreas na escala 1:1000, que além disso, compreendem aproximadamente 86% do município.

Para a escolha dos três produtos cartográficos que serão alvo da análise posicional, foram seguidos os seguintes critérios:

- Produtos cartográficos possíveis de serem utilizadas por SIG como um *layer* junto com os outros níveis de informação.
- Produtos cartográficos compostos por imagens de satélite ou fotografias aéreas (foram descartadas para este estudo os produtos vetoriais como, por exemplo, a base vetorial de ruas do Google devido a indisponibilidade desta para ser usada em SIGs).
- Produtos cartográficos disponíveis na WEB de ampla utilização e/ou conhecimento. Nesse sentido: A Base do Google é amplamente conhecida principalmente através de seus aplicativos (Google Maps e Earth). A Bing da Microsoft por ser gratuita (até outubro de 2013) era utilizada nos SIGs como

uma alternativa à base do Google (a base do Google necessita da aquisição de um *plugin* para ser utilizada em alguns SIGs comerciais). A base World Imagery permite acesso totalmente gratuito no SIG ArcGis da Esri sendo que o número de empresas e instituições que utilizam este SIG no Brasil é considerável. Podemos citar como por exemplo: COPEL, CEMIG, Embrapa, Sabesp, DENIT e PETROBRAS entre outras⁸.

Na Figura 1.1 pode ser visto Google Maps como um *layer* no ArcGIS junto com o MDC que será utilizado como referência na análise posicional.

Figura 1.1 - Base da Google sendo vista no interior do ArcGis junto com a base 1:1.000 do MDC, que será utilizada como referência para o controle de qualidade posicional.

Fonte: O autor

⁸ Fonte: <http://www.euesri.com.br/2012/apresentacoes-2012>. Acesso em setembro de 2014

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Neste primeiro capítulo foram apresentados os objetivos e justificativas que levaram a desenvolver o estudo.

No capítulo dois são apresentados o Google Earth / Google Maps, o Bing Maps, a plataforma da Esri e as características dos produtos cartográficos que serão analisados.

No capítulo três são apresentados os conceitos de “base cartográfica” e o de “mapa base” bem como os possíveis usos de bases cartográficas em função da sua escala.

No capítulo quatro são apresentadas as metodologias para análise posicional baseadas no Decreto Federal nº 89.817 de 20 de junho de 1984 e na Análise Estatística.

No capítulo cinco são apresentadas as características do Mapa Digital da Cidade (MDC) que será utilizado como base de referência para a análise posicional.

No capítulo seis é desenvolvida uma explanação sobre sistemas geodésicos de referência e sobre sistemas de projeção e são mostradas as particularidades dos sistemas de projeção e dos sistemas de referência geodésicos do MDC e dos produtos cartográficos que serão analisados.

No capítulo sete é detalhada a metodologia de trabalho

No capítulo oito são apresentados os resultados alcançados para os três produtos cartográficos sempre comparando os resultados entre si.

No nove são analisados os resultados, definindo as possíveis escalas de trabalho e utilizações para estes produtos.

No capítulo dez são apresentadas as conclusões deste estudo e as perspectivas futuras para novos trabalhos e pesquisas

2. GOOGLE MAPS, BING MAPS E ESRI

Neste capítulo são apresentados o Google Earth / Google Maps, o Bing Maps, a plataforma da Esri e as características das respectivas bases. Estas bases são disponibilizadas na internet, via serviços, para serem utilizadas em SIGs.

Conforme citado no capítulo 1, serão analisados neste projeto três produtos cartográficos disponibilizados na Web compostos por mosaico de imagens de satélite de diferentes resoluções e por fotografias aéreas:

- A base do Google Maps / Google Earth da Google;
- A base do Bing Maps da Microsoft e
- A base World Imagery disponibilizada pela Esri

As documentações sobre estes produtos não são homogêneas. Existe uma maior disponibilidade de informações oficiais dos desenvolvedores da base da Esri, principalmente relativo às imagens que a compõem.

2.1. GOOGLE MAPS / GOOGLE EARTH

Segundo informações da Google no Seminário *Atmosphere Maps* (São Paulo, 2013), os mapas disponibilizados pelo Google Maps e pelo Google Earth são os produtos cartográficos mais utilizados atualmente no mundo para localização, roteamento ou planejamento de atividades onde as relações espaciais na superfície da terra são relevantes.

O Google Earth é um aplicativo que permite que se viaje (virtualmente) pelo mundo mostrando a Terra como se o observador estivesse em uma aeronave ou satélite a certa altura sobre a superfície da terra, ou andando pela superfície (Street View). Segundo Silva e Nazareno (2009) o modelo representativo de informação no Google Earth é o globo virtual, conhecido também como globo digital. Um globo digital é um modelo 3D simulado por programas computacionais para representação da Terra que dá ao usuário a possibilidade de se mover livremente pelo ambiente virtual mudando o ângulo de visão e posição.

O Google Earth possuía o nome original “Keyhole”. Em 2004 a Google, Inc. adquiriu a companhia Keyhole, continuou o seu desenvolvimento e passou a chamá-lo de Google Earth (LOPES 2009).

Através de imagens de satélite, ortofotos, altimetria, edifícios em 3D, imagens oblíquas do solo disponibilizadas pelo Street View e outros dados de localização, o Google Earth pretende oferecer aos usuários uma visão realística do mundo.

O Google Earth permite ainda aos usuários definir rotas e inserir seus próprios dados de imagens e/ou vetoriais (através da importação via KML e KMZ).

O ambiente de trabalho do Google Earth são computadores *desktop* através do respectivo aplicativo neles instalados; na internet utilizando o *Browse* e o *plugin* do Google Earth; e em ambientes móveis (celulares e *tablets*) através do aplicativo da Google.

Novas funcionalidades para o Google Earth têm sido frequentemente criadas, como, por exemplo, a visão temporal de imagens de uma mesma região ou a capacidade da visualização do trânsito, em tempo real, nas principais avenidas e em algumas estradas de grande volume de tráfego.

O Google Maps é um serviço para disponibilização e análise de dados espaciais e de tecnologia para desenvolvimento de mapas na Web. Este serviço alimenta sites que necessitam de mapas e serviços de localização, incluindo o próprio site do Google Maps.

Atualmente o Google Maps oferece serviços para planejamento de rotas, localização de hotéis, bancos, restaurantes, determinação de coordenadas de um local, visão oblíqua ao nível do solo (Street View), visualização de trânsito etc., sendo que outras funcionalidades são acrescentados periodicamente.

O Google Mapas foi lançado em 2003 em Sydney como um aplicativo projetado por dois irmãos dinamarqueses (Lars e Jens Rasmussen) na empresa “*Where 2 Technologies*”, dedicada à criação de soluções Web baseadas em mapas. Inicialmente o usuário necessitava baixar o aplicativo, mas o sistema rapidamente evoluiu para uma solução Web. Em outubro de 2004 a empresa foi adquirida pela Google Inc. e este aplicativo se transformou no Google Maps e apresentado aos usuários no blog da Google em 2005 (SVENNERBERG, 2010).

Quando o Google Maps foi apresentado, rapidamente alguns *hackers* conseguiram incorporar os mapas do Google em seus sites. Isto levou a Google em 2005 a publicar APIs⁹ públicas para esta finalidade.

Surgiram então os *mashup*, que podem ser entendidos como sites utilizando códigos de terceiros disponibilizados através de uma interface pública ou através APIs de modo a garantir novas funcionalidades a este site, sem a necessidade de grandes esforços no desenvolvimento de programas.

O primeiro *mashup* na Internet é muitas vezes considerado o “*Housingmaps.com*”, uma combinação de Google Maps com as listagens do “*Craigslist.org*” (uma espécie de páginas amarelas americana) desenhados sobre este.

Mashups estão se tornando cada vez mais populares e revolucionaram a forma como a informação está sendo utilizada e visualizada. Um exemplo muito popular de *mashup* são os sites que mostram o local da empresa em uma janela de mapas do Google dentro do próprio site da empresa. Duas amostras podem ser vistas nas Figuras 2.1 e 2.2.

Figura 2.1 - Exemplo de *mashup* com Google Maps API. Site mostrando os efeitos do derramamento de Petróleo no Golfo do México em 2010.

Fonte: http://mw1.google.com/mw-earth-vector/db/disaster/gulf_oil_spill/gulf_oil_map.html. Acesso em março de 2012.

⁹ API - (Application Programmer Interface) interface entre aplicação e programação. Uma API permite que um aplicativo converse com outro aplicativo via Internet de forma segura. API é um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para a utilização das suas funcionalidades por aplicativos que não pretendem envolver-se em detalhes da implementação do software, mas apenas usar suas funcionalidades sem necessidades de grandes esforços de programação.

Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br/conferencia-api1.htm> Acesso em setembro de 2014

Figura 2.2 - Exemplo do site Guia Mais com o mapa de localização provido pelas APis do Google Maps.

Fonte: <http://www.guiamais.com.br/local/yacht+clube+santo+amaro-clubes+e+estadios-sao+paulo-sp-14751631-1>. Acesso em março de 2012.

Segundo Svennerberg (2010) “[...]de acordo com a *Programmableweb.com*¹⁰, a API do Google Maps é a mais popular na Internet. Segundo as estatísticas desse site, em maio de 2010, 43% de todos os *mashups* usavam a API do Google Maps. Para comparação, a segunda API mais popular era o Flickr com 11%. O segundo API de mapeamento mais popular foi o VirtualEarth (Bing Maps) com 3 %”.

2.1.1. Bases do Google Maps / Google Earth

As bases do Google Maps e do Google Earth foram unificadas em 2006. Elas incluem o mesmo conjunto de imagens de satélite / ortofotos. Esta afirmação pode ser comprovada verificando objetos móveis (veículos ônibus etc.) nos dois aplicativos para um mesmo local.

¹⁰ Fonte: www.programmableweb.com/apis Acesso em julho de 2013

Esta base é composta por dados vetoriais (eixo de ruas, divisas de países etc.) e uma base raster, composta por um mosaico de imagens de satélite de diversas resoluções e por fotografias aéreas, todas adequadamente georreferenciadas.

Em pesquisa para o presente trabalho, foi encontrada pouca informação oficial da Google sobre as imagens que compõem sua base. Em vários *sites* (não oficiais) são encontradas informações sobre estas imagens. Considerando outros dados fornecidos na própria tela do Google Earth, pode-se chegar às seguintes conclusões sobre as origens de algumas imagens utilizadas nas áreas terrestres:

- Imagens de média resolução: Landsat 7 (resolução espacial de 15 metros) e imagem SPOT 2 e 4 (10 metros de resolução).
- Imagens de alta resolução: SPOT 5 (5 e 2,5 metros de resolução), Imagens Ikonos (1 metro de resolução espacial) e GeoEye (0,5 metros de resolução)¹¹.
- Fotografias aéreas com resolução de 0,5 metro ou menor.

Segundo o Blog Oficial da Google¹², desde 2008 a empresa está trabalhando com imagens GeoEye disponibilizando milhões de km² de imagens deste satélite.

Segundo Lopes (2009) o Banco de dados do Google Earth possui imagens de alta resolução preferivelmente em regiões de destaque, como por exemplo, áreas de densidade demográfica elevada, regiões turísticas, regiões com grandes atrativos, etc. Estas imagens são periodicamente substituídas por imagens mais recentes ou de melhor qualidade.

Segundo o vídeo "*Project Ground Truth: Accurate Maps Via Algorithms and Elbow Grease*"¹³, em 2008, a Google começou um projeto cujo objetivo é mapear o mundo a partir de fontes de dados oficiais e dados de campo, através de uma mistura de algoritmos sofisticados e muito trabalho manual (não passível de automação). O resultado deste projeto são mapas de alta qualidade para 42 países, disponibilizados no Google Maps. O projeto visa principalmente atualizar a base vetorial de eixos de ruas utilizando o material de órgãos oficiais e as informações provenientes do Street View.

¹¹ As informações de resolução para as imagens SPOT, Landsat, Ikonos e GeoEye são referentes a imagens coloridas resultantes da fusão da banda Pancromática com as bandas Multiespectrais.

¹² Fonte: <http://googleenterprise.blogspot.com.br>. Acesso em 01/08/2013

¹³ Fonte: Project Ground Truth: Accurate Maps Via Algorithms and Elbow Grease : <https://developers.google.com/live/shows/575372576>. Acesso em julho de 2013

Como referência para os ajustes dos eixos de ruas é utilizada a base da própria Google (Imagens de satélite e/ ou fotografias aéreas), como é visto na Figura 2.3.

Figura 2.3 - Correção dos eixos de ruas utilizando as imagens do Google como referência (antes da correção à esquerda e após a correção à direita).

Fonte: Vídeo *Project Ground Truth: Accurate Maps Via Algorithms and Elbow Grease* : <https://developers.google.com/live/shows/575372576>. Acesso em julho de 2013.

Com isto, pode-se deduzir que a Google está atenta para a acurácia posicional destas bases raster, de modo que possa ser minimizado o retrabalho com o ajuste dos eixos de ruas quando das próximas atualizações das imagens desta base.

Ainda segundo o vídeo desse projeto, atualmente, a cada duas semanas são publicadas uma quantidade de imagens superior a que existia na base total do Google Maps/Earth em 2006.

Além da atualização constante das imagens pela própria Google, segundo o programa “Parceiros para Imagens”¹⁴, a Google possui uma iniciativa para incentivar os usuários a compartilharem (doarem) suas imagens para que estas façam parte da base da Google, quando estes possuírem imagens mais recentes, de melhor resolução ou ainda mais antigas que as que são mostradas no Google Earth/Maps; nesse caso, o interesse é em construir uma série histórica para um determinado local.

¹⁴ Fonte: <http://maps.google.com.br/intl/pt-BR/help/maps/mapcontent/imagery/index.html>

Um depoimento sobre a utilidade desse esquema foi dado por Blair M. Rogers, consultor em SIG, do Conselho do Distrito de Manawatu, Nova Zelândia: “Fornecer ao Google as imagens de nossa região permitiu ao nossos cidadãos enxergar com mais clareza o espaço no nosso entorno, além de servir de base cartográfica de baixo custo para nossas organizações regionais, amparando uma série de serviços que requerem análise espacial.”

Esta solução pode ser interessante para minimizar os gastos em infraestrutura (equipamentos, rede, software, manutenção, etc.) na tarefa de disponibilizar imagens de satélite / ortofotos em instituições públicas ou privadas, visto que estas poderão ter acesso a esta informação via Google Earth / Maps ou nos SIGs com a ajuda das extensões ou APIs citadas anteriormente.

Para o Município de São Paulo a base do Google Maps / Earth é composta por imagens de satélite e fotografias aéreas.

Estas diferentes coberturas podem ser espacialmente localizadas a partir da escala de visualização de cada tipo de produto, que está diretamente relacionada com a resolução espacial. Para algumas áreas do Município, a escala de visualização com nitidez dos detalhes chega a 1:500. Esta escala é muito superior à máxima escala de visualização das imagens de satélite atuais (disponíveis para o público em geral) com pixel de 0,5 metros, que permite observar detalhes com nitidez até a escala 1:1.000. Um exemplo comparativo entre a nitidez dos detalhes para os diferentes produtos é visto na Figura 2.4 em uma região de transição entre as fotografias aéreas e as imagens de satélite.

Figura 2.4 - Base cartográfica do Google Maps na escala aproximada 1:500 na zona leste de São Paulo. À esquerda, imagens oriundas de fotografias aéreas à direita imagens de satélite. Notar a diferença na nitidez dos detalhes.

Fonte: Google Maps.

Em setembro de 2014 as datas das imagens e ortofotos que recobriam o MSP eram:

- Ortofotos na área central: dezembro de 2008.
- Imagens de Satélite na região Leste do município: julho de 2014.
- Imagens de Satélite na região Sul do município: abril, junho e julho de 2014.
- Imagens de Satélite na região Oeste do município: janeiro e março de 2014.
- Imagens de Satélite na região Norte do município: Janeiro, março e julho de 2014.

Estas datas foram obtidas através do Google Earth que mostra as datas das imagens no rodapé do software.

2.2. BING MAPS

O Bing Maps, como o Google Maps, é um serviço para disponibilização e análise de dados espaciais e de tecnologia para o desenvolvimento de mapas na Web. Este é um produto da Microsoft que alimenta sites que necessitam de mapas e serviços de localização, incluindo o próprio site do Bing Maps.

O Bing Maps foi chamado anteriormente de *Live Search Maps*, *Windows Live Maps*, *Windows Live Local*, and *MSN Virtual Earth*. A versão original foi desenvolvida baseada na metodologia Ajax (**A**synchronous **J**avascript and **X**ML). Com o

lançamento da linguagem Silverlight pela Microsoft, adotou-se essa nova linguagem, permitindo uma utilização mais ampla e sem restrições, visto que não era mais necessário baixar uma série de *plugins*, que muitas vezes eram barrados pelo Firewall¹⁵ das empresas (PENDLETON, 2010).

Com o Bing Maps pode-se pesquisar, navegar e organizar informações visualizadas em 2D ou 3D, permitindo encontrar de forma eficaz os dados relevantes para a análise espacial do usuário. Exemplos das imagens da base do Bing Maps podem ser vistos na Figura 2.5.

Figura 2.5 – Imagem da base Bing Maps

Fonte: <http://br.bing.com/maps/>

O Bing Maps, como o Google maps, possui APIs para serem utilizadas junto com as linguagens de programação (por exemplo Silverlight) para desenvolvimento de sites ou aplicativos para equipamento móveis.

¹⁵ Em empresas com políticas sobre restrição de acesso a sites, programas ou dados (por exemplo, sites de músicas que não possuem os contratos adequados com os autores das mesmas), na definição do conjunto geral de endereços (URLs) proibidos, muitas vezes incluía-se de maneira equívoca, o endereço do site para download do plugin do Bing Maps, necessário para a visualização dos mapas.

2.2.1. Base do Bing Maps

A base do Bing Maps para as áreas terrestres é formada de imagens de média resolução (Landsat e Spot), de imagens de satélite de alta resolução e de ortofotos.

Segundo os metadados da Base Bing Maps (disponibilizada pelo ArcGIS Online), a cobertura varia conforme a região, sendo mais detalhada nos EUA (Estados Unidos da América) e no Reino Unido. A cobertura em um mesmo país também varia quanto aos detalhes, baseada na oferta de imagens para a região. O Bing Maps também está continuamente adicionando imagens em novas áreas e atualizando imagens em áreas já existentes.

Segundo o Site Bing Maps World Tour¹⁶, o Bing Maps atualiza a sua base com periodicidade de alguns meses, expandindo as áreas com imagens de maior resolução ou atualizando áreas com imagens mais recentes. Cada atualização pode conter mais de 10Tb de imagens.

Neste site é possível verificar ainda que em junho de 2012 foram atualizadas todas as imagens de São Paulo. Na Figura 2.6 em amarelo, a cobertura das áreas que tiveram suas imagens atualizadas.

Figura 2.6 - Em amarelo as áreas com cobertura atualizada com imagens de satélite em Junho de 2012 incluindo todo o município de São Paulo.

Fonte: <http://www.bing.com/maps/?appid=10493&mkt=en-us#Y> Acesso em 02/08/2013

¹⁶Fonte: <http://www.bing.com/maps/?appid=10493&mkt=en-us#Y> Acesso em 02/08/2013

No entanto, nota-se que existe um lapso de tempo entre a data de atualização e a data das imagens. Para comprovação desta informação pode-se observar, por exemplo, a área do memorial em homenagem aos mortos de acidente com avião da TAM próximo ao Aeroporto de Congonhas em São Paulo, ocorrido em julho de 2007. A Praça Memorial foi inaugurada em 17 de julho de 2012 e começou a ser construída em Julho de 2011¹⁷ segundo o Site da Prefeitura de São Paulo. Na última imagem atualizada (Figura 2.7) ainda não se veem indícios de construção da Praça.

Figura 2.7 - Situação da área em que hoje se situa a Praça Memorial 17 de Julho, sem indícios do início da construção.

Fonte: Bing Maps <http://br.bing.com/maps> Acesso em 02/09/2014.

Não foram encontradas as datas das imagens que recobrem o Município de São Paulo em uma fonte de informação oficial do Microsoft.

Martijn van Exel (presidente OpenStreetMap, EUA), em seu site, mostra uma ferramenta que exibe as datas de captura das imagens de satélite a partir do cabeçalho dos *tiles* (ladrilhos) do Bing Maps¹⁸.

¹⁷ Fonte: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/santo_amaro/noticias/?p=33213 Acesso em 02/08/2013

¹⁸ Fonte: <https://oegeo.wordpress.com/2010/12/03/bing-aerial-photos-for-openstreetmap-great-but-are-they-recent/> Acesso em 30/09/2014

Para o município de São Paulo, as datas das imagens, segundo este aplicativo, são todas de julho de 2011. Na Figura 2.8 podem ser vistos alguns deste *tiles* com a data de captura da imagem.

Figura 2.8 - *Tiles* da Base do Bing Maps com a data de captura da imagem retirada do cabeçalho do tile.

Fonte: <http://mvexel.dev.openstreetmap.org/bing/> Acesso em 03/10/2014

Segundo o *site* Bing Maps World Tour, a partir de 2010 a Microsoft lançou o Projeto “Bing Maps Global Ortho” para criar um mosaico contínuo de ortofotos de alta resolução (30 cm) para a área continental dos EUA e para a Europa Ocidental com prazo de finalização até junho de 2012. No *site* “Bing Maps World Tour” (Figura 2.9) é possível visualizar que a cobertura com ortofotos para o EUA está completa e a da Europa ocidental estava quase pronta em fevereiro de 2013.

No *site* Bing Maps World Tour é ainda possível visualizar a área de cobertura de cada nova atualização da Base do Bing Maps, com imagens de Satélite e ortofotos, desde abril de 2011.

Figura 2.9 - Site Bing Maps World Tour mostrando a situação de cobertura de ortofotos total (em laranja) até fevereiro de 2013 e a área atualizada em fevereiro de 2013 (pequenas regiões em amarelo).

Fonte: <http://www.bing.com/maps/?appid=10493&mkt=en-us#Y3A9LTlZLjU0NzQ5OX4tNDYuNjM2MTA4Jmx2bD00JnN0eT1oJmFwcD01MDQ5M35teWFwcG5hZWV+d29ybGR0b3Vy> acesso em 02/08/2013

2.3. ESRI

A Esri é a responsável pelo desenvolvimento e suporte dos softwares da plataforma ArcGIS, composta de soluções espaciais para desktop, celular e Web. Entre outros produtos, fazem parte desta plataforma: o SIG ArcGIS desktop, os servidores de mapas ArcGIS Server e as APIs para desenvolvimento de sistemas espaciais na Web.

A Esri mantém o ArcGIS Online, que é um servidor de serviços espaciais que o usuário da plataforma ArcGIS pode usar em seus projetos. O ArcGIS Online disponibiliza produtos cartográficos publicados pela Esri e por terceiros, tais como bases (mosaico de imagens de satélite e/ou de ortofotos, mapas de ruas, mapas topográficos, relevo sombreado, etc.), mapas temáticos (mapas demográficos, etc.). Também disponibiliza serviços funcionais, como por exemplo, geocodificação por endereços (especialização de endereços) e roteamento (definição de rotas entre dois pontos). Segundo a Esri os mapas e os serviços on-line são constantemente atualizados e frequentemente são acrescentados outros novos.

A Esri, como a Google e a Microsoft, possui APIs para desenvolvimento de sites e de aplicativos para equipamentos móveis. Estes sites e aplicativos podem utilizar os serviços de mapas do ArcGIS Online, serviços desenvolvidos e suportados por servidores próprios (construídos com ferramentas da Esri) ou serviços de mapas fornecidos por terceiros, desenvolvidos no padrão da *Open Geospatial Consortium* (OGC).

A Esri é a desenvolvedora da base cartográfica World Imagery, que é um dos alvos deste estudo, com utilização gratuita pelos seus clientes, a partir do ArcGIS Online.

2.3.1. Base da Esri - World Imagery

A base World Imagery é formada por imagens de satélite e fotografias aéreas. Esta base inclui imagens Blue Marble Next Generation da NASA com 500 metros de resolução para escalas pequenas (1:1.000.000 ou menor), i-cubed eSAT Imagery de 15m de resolução para médias e grandes escalas (1:70.000 ou maior), e imagens USGS Landsat de 15m de resolução para a Antártica. Para as áreas com alta resolução, a base possui imagens (Precision Aerial) de 0,3 metros de resolução para os EUA (continental) e imagens com 0,6 metros de resolução em partes da Europa Ocidental da DigitalGlobe. Em outras partes do mundo a base é composta por imagens QuickBird, GeoEye, IKONOS, i-cubed Nationwide Prime, Getmapping, AeroGRID, IGN Spain, e IGP Portugal¹⁹.

O “i-cubed Nationwide Prime” é um mosaico colorido de imagens comerciais e governamentais para os EUA, composto, para as áreas metropolitanas, por imagens fornecidas pela Aerials Express (fornecedor de serviços de aerofotogrametria e imagens de satélite nos EUA que saiu do mercado em 2010), com resolução de 0,3 e 0,6m, e composto, para as outras áreas, por imagens disponibilizadas pelo Department of Agriculture Farm Services Agency (USDAFSA), National Agriculture Imagery Program (NAIP), Imagery and Enhanced Versions of United States Geological Survey (USGS), Digital Ortho Quarter Quad (DOQQ) imagery.

Parte das imagens que compõem a base da Esri foram disponibilizadas pela comunidade de usuários de SIG. São exemplos destes doadores: NASA, Instituto

¹⁹ Fonte: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08feb2a9> acesso em 02/08/2013

Geográfico Português, IGN Spain, City of Peterborough, DigitalGlobe, GeoEye, City of Rotterdam etc²⁰.

A base da Esri está em constante atualização e a última, ao concluir o presente texto, foi em outubro de 2014. A Figura 2.10 mostra a cobertura das imagens de alta resolução dessa base.

Figura 2.10 - Cobertura da Imagem de alta resolução da Base da Esri em Junho de 2013.

Fonte: http://downloads.esri.com/blogs/arcgisonline/WorldImagery_June26_2013_update1200.jpg
Acesso em 02/08/2013

Para a região do município de São Paulo, a partir do site do ArcGis que disponibiliza as informações dos metadados²¹, foi possível delimitar aproximadamente as imagens que recobrem o município. Em outubro de 2014, o MSP era recoberto por somente duas imagens: WorldView-2 de 13/06/2010 na quase totalidade do município e QuickBird de 13/04/2008 no extremo leste do município. Figura 2.11

²⁰ Fonte: http://help.arcgis.com/en/communitymaps/pdf/WorldImageryMap_Contributors.pdf. Acesso em 02/08/2013

²¹ Fonte: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=c1c2090ed8594e0193194b750d0d5f83>
Acesso em 03/10/2014

Figura 2.11 - Cobertura aproximada das imagens de satélite da Base da Esri para o Município de São Paulo.

Fonte: adaptado pelo autor a partir do site:

<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=c1c2090ed8594e0193194b750d0d5f83>.

Acesso em 03/10/2014.

2.4. INCLINAÇÃO DAS FEIÇÕES NAS BASES DO GOOGLE MAPS, BING MAPS E DA ESRI

Os mosaicos das bases do Bing Maps e da Esri são compostos por imagens de satélite, e especificamente para o Google Maps por imagens de satélite e ortofotos.

As imagens de satélite, independente se foram ortorretificadas ou não, e as ortofotos apresentam deslocamentos dos topos das feições em relação as suas bases quando as feições não estão localizadas no nadir²² da ortofoto ou da imagem (ponto P na Figura 2.12) . Este deslocamento segundo Silva (2008) não é considerado um erro geométrico dos produtos e sim, uma característica destes.

Na Figura 2.12 é vista uma câmera fotográfica representada esquematicamente.

Figura 2.12 - Esquema gráfico de uma câmera fotográfica

.Fonte: Silva 2008

Nesta figura, é possível ver que uma fotografia é uma projeção cônica ou central, onde a imagem de um objeto é formada num plano, que é o filme, após os raios terem passado pelo centro ótico (O) da objetiva. Este centro ótico (O), também conhecido como ponto nodal, representa o centro do sistema de lentes no instante

²² O termo nadir é utilizado para definir o ponto onde uma linha a partir do sensor da aeronave ou do satélite cruza perpendicularmente à superfície terrestre

da tomada da fotografia, ponto por onde passam os raios da imagem antes que se formem no filme. A altura do voo (H) é a distância vertical entre o centro ótico e um plano de referência no terreno. O ponto principal da fotografia (PP) é o ponto formado pela projeção ortogonal do centro ótico no plano do filme.

Em toda a fotografia apenas no ponto PP a projeção é ortogonal (90° ao plano do filme), em todo o restante da fotografia a imagem é capturada em ângulo oblíquo. É essa angulação de tomada da imagem, diferente de 90° que origina este efeito de deslocamento. (SILVA, 2008). Na Figura 2.13, pode-se ver a inclinação das feições em uma ortofoto no Google Maps na região da Avenida Paulista com todos os edifícios inclinados radialmente. Mesmo em se tratando de ortofoto, a correção da posição se dá na base da edificação, e o restante permanece com a inclinação.

Figura 2.13 - Imagem da região do MSP no Google Maps recoberta com ortofotos mostrando a inclinação das feições .

Fonte: Google Maps.

Através da equação (2.1) apresentada por Santos (2009), pode-se calcular o deslocamento do topo de feições em função da altura de voo (H_v), da altura da feição (ΔH) e da distância desta feição em relação ao centro da imagem (R_b).

$$\Delta R = \frac{\Delta H}{H_v} \times R_b \quad (2.1)$$

Como exemplo, adotando-se a altura de voo de 1.000m, uma feição com altura de 30m e uma distância de 10m do centro da imagem e em seguida uma distância de 200m do centro da imagem tem-se:

Dado $R_b = 10\text{m}$

$$\Delta R = \frac{\Delta H}{H_v} \times R_b = 0,3\text{m}$$

Dado $R_b = 200\text{m}$

$$\Delta R = \frac{\Delta H}{H_v} \times R_b = 6\text{m}$$

Percebe-se, no exemplo acima, que no caso da feição apresentar-se próxima ao centro da imagem, a inclinação das feições seria pequena passando a ser significativa a partir de aproximadamente 100m do centro da fotografia.

Para câmeras digitais que trabalham com varredura, este problema poderá existir somente em uma direção. Na Figura 2.14 pode ser visto o comparativo da inclinação de feições para uma câmera aérea convencional em relação a uma câmera digital com varredura na direção do deslocamento do avião.

Figura 2.14 - Exemplo de inclinação da feição com uma câmera convencional (à esquerda) e com uma câmera digital com varredura no sentido do deslocamento do avião (à direita)

Fonte: Adaptado de Silva (2008)

Segundo Junior (2009), os sensores utilizados nos satélites podem ser classificados quanto à geometria de aquisição das imagens em:

- Sensores de varredura linear eletrônica (*Pushbroom scanner*) . Constituído de uma linha de detectores que à medida que o satélite se desloca vai formando uma varredura de linhas transversais que vão formar a imagem total. Figura 2.15a;
- Sensores de varredura mecânica (*Whiskbroom scanner*): constituído de um espelho ou prisma que realiza a rotação mecânica, mudando o campo de visão segundo uma direção perpendicular à linha voo. Figura 2.15b;
- Sensores de área ou quadro (*frame*): constituídos de uma matriz de detectores capaz de capturar a imagem bidimensional em um único instante, similar à aquisição de imagens através de câmaras fotográficas analógicas. Figura 2.15c;

As imagens capturadas pelos sensores de varredura eletrônica ou mecânica terão um comportamento semelhante em relação à inclinação das feições, às capturadas pela câmera digital de varredura. Já as imagens capturadas por sensores de área, terão um comportamento semelhante, em relação à inclinação das feições, as capturadas por uma câmera convencional.

Figura 2.15 - Aquisição de imagens por sensores de: a) Varredura eletrônica, b) Varredura mecânica, c) De área ou quadro

Fonte: Adaptado de <http://www.nln.geos.ed.ac.uk/courses/english/frs/f5300/f5300008.htm> , <https://www.e-education.psu.edu/geog480/node/494> e de Junior (2009)

Vários satélites ainda possuem a capacidade de visada lateral. Por exemplo, o Sensor do GeoEye pode imagear com até 30 graus fora do nadir e o WorldView-2 com até 45 graus²³. As imagens coletadas com o sensor fora do nadir terão o efeito de inclinação das feições intensificado por este fator (JUNIOR, 2009).

A inclinação das feições gera um limitante no uso das ortofotos e das imagens de satélite que é justamente o recobrimento de feições vizinhas, impedindo a sua visualização. Na Figura 2.16 em uma imagem de satélite do Bing Maps, podem ser vistas partes da Avenida Paulista recobertas pelo prédio do MASP (Museu de Arte de São Paulo) e pelos prédios vizinhos, impossibilitando a visualização completa dos elementos da paisagem.

Na Figura 2.16 - Partes da Avenida Paulista recobertas pelo prédio do MASP e pelos prédios vizinhos inclinados, impossibilitando a sua visualização completa.

Fonte: Bing Maps

Como se sabe, existe um produto denominado True-Ortofoto, onde o efeito de deslocamento é corrigido, contudo o processo é oneroso e lento o suficiente para não ser comercialmente utilizado (SILVA, 2008). Veja-se a Figura 2.17

²³ Fonte: Engesat <http://www.engesat.com.br/satelite/>

Figura 2.17 - Ortofoto convencional a esquerda e exemplo de True Ortofoto a direita

Fonte: Silva (2008)

3. BASE CARTOGRÁFICA E MAPA BASE

Neste capítulo são apresentados o conceito de base cartográfica e o conceito de mapa base de modo a esclarecer as diferenças existentes entre os termos.

Para subsidiar o capítulo 9 (Análise dos Resultados) da presente dissertação, é apresentado um levantamento bibliográfico bastante sucinto sobre os possíveis usos de bases cartográficas em função da sua escala.

3.1. BASES CARTOGRÁFICAS

Segundo Lazzarotto (2005), base cartográfica é um material provedor de informações cartográficas que são relevantes para um determinado fim, ou seja, para a execução de um determinado serviço, ou para a construção de um novo produto cartográfico, sendo que a função de uma base cartográfica é o suporte para tarefas que se desenvolvem utilizando dados espaciais.

Segundo Idoeta (2001) bases cartográficas voltadas à engenharia podem ser entendidas como uma representação de uma região ou território no que diz respeito ao relevo, a drenagem natural, ao sistema viário e outros elementos devidamente posicionados e com exatidão adequada à cada escala de representação, agregando outras informações do ambiente natural ou de fatores antrópicos necessários à sua utilização em atividades civis típicas de planejamento territorial e ambiental, gestão do território e projetos de engenharia.

Segundo a NBR-14.166: Base cartográfica é um conjunto de cartas e plantas integrantes do Sistema Cartográfico Municipal que, apoiadas na rede de referência cadastral, apresentam, no seu conteúdo básico, as informações territoriais necessárias ao desenvolvimento de planos, de anteprojetos, de projetos, de cadastro, de técnico e imobiliário fiscal, de acompanhamento de obras e de outras atividades que devam ter o terreno como referência. (ABNT, 1998)

O termo base cartográfica, utilizado originalmente para cartas em papel, cronaflex, vegetal, etc. atualmente é mais comumente utilizado para produtos vetoriais sendo que, para produtos raster (imagens de satélite, ortofotos) são utilizados outros termos como, por exemplo, Base Raster no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Considerando as definições acima, o termo base cartográfica será acertadamente utilizado neste estudo quando referido ao Mapa Digital da Cidade (MDC), mas não é adequado para as bases do Google Maps, Bing Maps e da ESRI compostos por imagens de satélite ou fotografias aéreas pois, essas não possuem todas as informações necessárias para uma base cartográfica voltada a engenharia, não atendem aos requisitos da norma NBR-14.166 e não são vetoriais.

3.2. MAPA BASE

O termo base cartográfica não é adequado para denominar os produtos cartográficos do Google Maps, Bing Maps e da Esri. Entretanto eles:

- Possuem uma acurácia espacial, um Sistema de Projeção e um Sistema de Referência Geodésico;
- Podem servir de referência para uma série de atividades de cunho espacial tais como mapeamento de uso do solo, planejamento e gestão urbana, planejamento de implantação de redes de serviços urbanos (*utilities*), suporte ao desenvolvimento de planos diretores urbanos, atualização de mapas vetoriais de eixos de ruas, etc.;
- Podem servir como referência espacial para mapas temáticos (por exemplo, um mapa para localização de postos de saúde).

Em função destas características, para este estudo será utilizado o termo “mapa base” (No ArcGis é utilizado *basemap*), para designar os produtos cartográficos compostos por mosaicos de imagens (originárias de sensores em satélite ou aerotransportados) do Bing Maps , do Google Maps e da Esri. Será também utilizado neste estudo como sinônimo de “mapa base” o termo, “base”.

3.3. BASES CARTOGRÁFICAS E SUA UTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DA ESCALA

Qualquer atividade de cunho espacial necessita de uma base espacial para referenciar seus estudos.

Em uma base cartográfica vetorial, a escala define o conteúdo o nível de generalização das feições, a acurácia e consequentemente os seus usos (IDOETA, 2001).

Considerando estas características, são mostradas a seguir algumas das utilizações de bases cartográficas para áreas urbanas em função da sua escala.

Escala 1:50.000

As bases cartográficas nesta escala são utilizadas para planejamento territorial ou ambiental em nível regional, considerando o município e seu entorno. São utilizadas como referência espacial para o desenvolvimento de estudos de vegetação, uso do solo, acessibilidade, capacidade do uso do solo, estudos ambientais, planejamento de usinas hidroelétricas, linhas de transmissão, telefonia, entre outros. (IDOETA, 2001)

Escala 1:10.000

Segundo Idoeta (2001), a escala 1:10.000 é uma escala adequada para estudos em nível de bairro, portanto muito utilizada para estudos de planos diretores ou outras atividades de planejamento urbano. É também uma escala adaptada para estudos ambientais e para Estudos de Impactos ambientais (EIA), Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) e RAP Relatórios Ambientais Preliminares.

A escala é ainda adequada para desenvolvimento de estudos e plotagem dos dados em uma visão de detalhe da cidade como, por exemplo, o trabalho de Costa e Natal (1998) que desenvolveu uma análise da incidência de dengue em função de áreas geográficas definidas através de variáveis econômico-sociais para a cidade de São José do Rio Preto (SP), durante uma epidemia ocorrida em 1995,.

A partir de uma base cartográfica nesta escala é possível desenvolver uma série de estudos, conforme aponta Corrêa (2003) baseado em Cosgrove (1999).

“[...] A escala grande (1:10.000), possibilita o estudo e a representação cartográfica da variedade de usos da terra urbana. O distrito central de negócios, a zona periférica do centro, as áreas industriais e as diversas áreas sociais, entre outros, podem ser objeto de análises acuradas. Os conflitos sociais podem também ser representados cartograficamente, assim como os inúmeros territórios existentes no espaço urbano. Os fluxos intra-urbanos, de mercadorias e pessoas, por exemplo, podem ser estudados e representados cartograficamente, assim como as representações associadas a tudo que é “lembrado, imaginado ou contemplado material ou imaterial, real ou desejado vivenciado ou projetado”.

Escala 1:5.000

Esta escala é adequada para a gestão municipal em planejamento e controle. Seu uso abrange: Planta de referência cadastral, Planta de valores genéricos para lançamento de IPTU e ITBI, Planta de Infra-estrutura, Planta de equipamentos sociais e de equipamentos de lazer, cadastro de sinalizações, cadastro de peças hidráulicas, cadastro de publicidade e propaganda, cadastro de estruturas primárias e de transformadores de rede elétrica de distribuição e assemelhados. (IDOETA, 2001).

Escala 1:2.000

As bases cartográficas em escala 1:2.000 são utilizadas para projetos como por exemplo abastecimento de água, esgoto e energia, e estudos em geral na área municipal, como seleção de áreas para desapropriação, destinadas a obras públicas, alargamento de vias, etc.. Em alguns municípios é esta a escala escolhida para o banco de dados espacial do SIG municipal e para o cadastro imobiliário. (IDOETA, 2001).

Para esta escala segundo Domingues e Françoso (2009) baseado em Silva (2004) não é possível utilizar imagens de satélite como bases cartográficas, pois mesmo que após ortorretificação a precisão geométrica seja compatível com esta escala, o conteúdo informativo destas imagens não contempla todos os requisitos do cadastro municipal. Segundo os autores, estes produtos podem ser usados em algumas

aplicações específicas, como na detecção de irregularidades no cadastro técnico (novas construções, demolições, expansões), servindo como base para uma fiscalização direcionada, monitoramento da expansão urbana, controle da ocupação do solo e alguns níveis de mapeamento básico.

4. ANÁLISE DA QUALIDADE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Este capítulo apresenta uma revisão dos métodos para realizar o controle da qualidade posicional de produtos cartográficos.

Diversas metodologias podem ser utilizadas para análise posicional de produtos cartográficos, quer sejam em cartas impressas ou digitais, ortofotos, imagens de satélite ou em bases disponibilizadas na Web.

Basicamente o procedimento mais comum para análise da qualidade posicional cartográfica baseia-se na análise das diferenças entre as coordenadas dos pontos retirados do produto cartográfico que está sendo analisado e as coordenadas de pontos homólogos obtidos de outra fonte mais acurada, considerada como referência (MERCHANT, 1982)

Segundo Nero (2005), baseado no trabalho de Merchant (1982), como referência para análise posicional poderão ser utilizados:

- Mapeamentos mais acurados. Este produto deve ser três vezes mais acurado que o documento a ser controlado.
- Coordenadas obtidas em campo com acurácia três vezes superior que o material que será controlado.

A primeira alternativa deverá ser priorizada em relação à segunda, pois esta possui custos superiores e demanda maior tempo para execução em relação à primeira.

A classificação quanto à acurácia de um produto cartográfico no Brasil é baseada no Decreto Federal nº 89.817 de 20 de julho de 1984 que será visto no item 4.2. Uma série de especificações técnicas para produtos cartográficos estão sendo desenvolvidas para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). É de especial interesse para este estudo a Especificação Técnicas para Aquisição de Dados Geoespaciais (ET-ADGV), pois esta ajuda a interpretar questões dúbias no Decreto nº 89.817. Esta especificação técnica será vista no item 4.3.

A seguir são conceituados os termos acurácia e precisão, que são relevantes para os estudos de análise posicional de produtos cartográficos.

4.1. CONCEITUAÇÃO DOS TERMOS ACURÁCIA E PRECISÃO

Os termos acurácia e precisão são muitas vezes erroneamente confundidos e é interessante fazer a distinção.

Algumas definições para estes termos podem ser encontradas em artigos científicos relacionados ao objeto deste estudo.

Segundo o FGDC - Federal Geographic Data Committee (1998a) baseado na definição da NGS - National Geodetic Survey (1986), acurácia é diferença entre um valor estimado (por exemplo, medido ou calculado) para um valor padrão ou aceito como verdadeiro para uma determinada grandeza. Mas deve-se lembrar de que o valor verdadeiro não é conhecido, mas apenas estimado, logo a acurácia real de uma medida é também desconhecida e que a acurácia de uma determinada grandeza só pode ser um valor estimado²⁴.

Precisão, para o FGDC (1998a), baseado na definição da Geodetic Survey Nacional (1986), significa uma medida estatística da tendência de um conjunto de números aleatórios de se aglomerarem em torno de um número determinado pelo conjunto²⁵.

Segundo Monico et al. (2009), baseados em Mikhail e Ackermann (1976), “acurácia é o grau de proximidade de uma estimativa com seu valor verdadeiro, enquanto precisão expressa o grau de consistência da grandeza medida com sua média. (...) Acurácia reflete a proximidade de uma grandeza estatística ao valor do parâmetro para o qual ela foi estimada e precisão está diretamente ligada com a dispersão da distribuição das observações”.

Ou ainda, a precisão expressa o grau de aderência das observações uma às outras, e é medido pelo desvio padrão de uma série de observações (PACILÉO NETTO, 1997).

²⁴ Accuracy - closeness of an estimated (e.g., measured or computed) value to a standard or accepted [true] value of a particular quantity. (National Geodetic Survey, 1986).

NOTE Because the true value is not known, but only estimated, the accuracy of the measured quantity is also unknown. Therefore, accuracy of coordinate information can only be estimated (Geodetic Survey Division, 1996).

²⁵ Precision - in statistics, a measure of the tendency of a set of random numbers to cluster about a number determined by the set. (National Geodetic Survey, 1986).

NOTE If appropriate steps are taken to eliminate or correct for biases in positional data, precision measures may also be a useful means of representing accuracy. (Geodetic Survey Division, 1996).

Resumidamente, a precisão está ligada com a dispersão das observações em torno do valor médio de uma determinada grandeza, enquanto que a acurácia está relacionada com a proximidade ao valor real (ou que melhor representa o valor real). (GALO e CAMARGO, 1994)

Os termos “acurácia” e “exatidão” serão utilizados no presente estudo como sinônimos como também é naturalmente colocado por vários autores e pela Diretoria de Serviço Geográfico do exército (DSG) na ET-ADGV.

4.2. DECRETO FEDERAL Nº 89.817 DE 20 DE JUNHO DE 1984

Este decreto estabelece as normas a serem observadas por todas as entidades públicas e privadas produtoras e usuárias de serviços cartográficos, de natureza cartográfica e atividades correlatas.

O capítulo II do Decreto Federal nº 89.817 de 20 de junho de 1984 trata do controle de qualidade do produto final:

“Art 8º - As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, seguinte o critério abaixo indicado:

1. Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico estabelecido.
2. Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas-de-nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico estabelecido.

§ 1º - Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos.

§ 2º - A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão - $PEC = 1,6449 EP$.

§ 3º - O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

§ 4º - Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático.

Art 9º - As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C.:

Um resumo das classes estabelecidas pelo Decreto com os parâmetros do PEC e respectivos EP para planimétrica e altimetria são apresentados no quadro 4.1.

Quadro - 4.1 classes estabelecidas pelo Decreto com os parâmetros do PEC e respectivos EP para planimetria e altimetria

Classes	PEC Planimétrico	Erro padrão (EP)	PEC Altimétrico	Erro padrão (EP)
A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância das curvas de nível	1/3 equidistância das curvas de nível
B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância das curvas de nível	2/5 equidistância das curvas de nível
C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância das curvas de nível	1/2 equidistância das curvas de nível

.Fonte: Adaptado do Decreto nº 89.817 (BRASIL, 1984)

O Decreto nº 89.817 não define uma norma específica para os padrões de acurácia. Estes são explicitados em um capítulo do Decreto. Mesmo assim é muito comum encontrar em artigos, teses e dissertações a citação à “Norma Brasileira” quando se esta se referindo ao capítulo II do Decreto nº 89.817.

São várias questões que emergem quando da utilização do Decreto para classificação do produto cartográfico, como é colocado por Nero (2005) e Santos (2010a) :

1 – Deve-se testar as coordenadas X e Y separadamente ou a composição das duas?

Como é colocado por Cintra e Nero (2005) e por Santos (2010a) em relação ao Decreto é que este não deixa claro se devem ser testadas as coordenadas planimétricas X e Y separadamente em relação ao PEC ou se deve fazer a composição das duas.

Na Figura 4.1 é visto a diferença entre a interpretação do Decreto para mesma tolerância (PEC) de magnitude “a”.

Figura 4.1 - Possibilidades de interpretação do Decreto nº 89.817: Para a interpretação do teste com a composição do erro nas duas coordenadas o ponto vermelho seria aceito, mas o preto não. Para a outra interpretação, os dois pontos seriam aceitos.

Fonte Cintra e Nero (2005)

Cintra e Nero (2005) propõe uma solução em relação à dubiedade na interpretação do Decreto:

“Quando se fala no teste de coordenadas feito separadamente, o tratamento é de variáveis unidimensionais e o limite de 90 % é obtido com $Z=1,6449$ na curva de Gauss e isso concorda com a norma brasileira que preconiza o $PEC=1,6449 \cdot EP$ e fala que 90 % dos pontos não devem apresentar erro superior a esse limite.

Caso se quisesse utilizar um teste de composição do erro nas duas coordenadas, teria que se pensar na análise de uma variável bidimensional (erro circular) e o valor de comparação deveria ser $PEC=2,146 \cdot EP$ (coincidente com o $CMAS_{90}$ na tabela 4.3), que corresponde à probabilidade de 90 % (volume abaixo da superfície que representa a probabilidade bidimensional). Como a norma brasileira não adota esse valor de PEC não deve ser interpretada dessa maneira”.

Considerando que os valores dos erros em engenharia e em cartografia possuem comportamento que podem ser representados por uma curva de distribuição normal, curva de Gauss (Nero baseado em Gemael 1994), observando as Figuras 4.2 e 4.3 pode-se entender melhor a solução proposta por Cintra e Nero (2005).

Na Figura 4.2 pode ser visto uma curva de distribuição normal com os diversos intervalos do desvio padrão em torno da média ($\mu + z\sigma$) sendo que cada valor de Z está associado a uma probabilidade (área embaixo da curva). Exemplificando: Para uma amostragem qualquer que segue uma distribuição normal, considerando um valor de $Z = 1,6449$ temos uma probabilidade de 90 % de que qualquer outro valor da

população referente a esta amostragem tenha seu valor entre a média $\pm 1,6449 \times$ desvio padrão ($\mu \pm z\sigma$).

Figura 4.2 – Curva normal (Gauss) unidimensional com a distribuição de σ associados à probabilidade.

Fonte: Cintra e Nero (2005)

Na Figura 4.3 pode ser visto uma curva normal bidimensional com a distribuição de σ associados à probabilidade. Esta é a curva que deve ser associada aos testes com composição de erro nas duas coordenadas (x, y) onde para uma probabilidade de 90% tem-se um valor de $Z = 2,146$. Repetindo o exemplo acima: Para uma amostragem qualquer que segue uma distribuição normal bidimensional, considerando um valor de $Z = 2,146$ existe uma probabilidade de 90 % de que qualquer outro valor da população referente a esta amostragem tenha seu valor entre a média $\pm 2,146 \times$ desvio padrão ($\mu + z\sigma$), corresponde ao volume sob a Curva normal (bidimensional, no caso).

Figura 4.3 – Representação da curva de Gauss para uma distribuição bidimensional com a distribuição de σ associados à probabilidade.

Fonte: adaptado de Cintra e Nero (2005)

Na tabela 4.1 são apresentados diversos erros lineares com suas respectivas probabilidades associados aos valores de Z mais comumente usados.

Tabela - 4.1 - Erros lineares com suas respectivas probabilidades onde Z é valor associado a probabilidade (área sob a curva normal) para uma distribuição normal padronizada unidimensional e σ é o erro linear sendo que o $LMAS_{90}$ corresponde ao PEC.

Erros e padrões de acurácia	Probabilidade	Z x σ
Erro provável linear (LPE)	0,5000	0,6745 σ
Erro padrão linear (LSE)	0,6827	1,0000 σ
Padrão de acurácia linear do mapeamento ($LMAS_{90}$)	0,9000	1,6449 σ
Padrão de acurácia linear do mapeamento ($LMAS_{95}$)	0,9500	1,9600 σ
Certeza prática linear (LPC) ²⁶	0,9973	3,0000 σ

Fonte: Cintra e Nero (2005).

²⁶ Certeza prática linear (LPC) corresponde a probabilidade mínima de ocorrência de valores em uma população. (probabilidade de ocorrência de 0,27 %) quando da análise de coordenadas X e Y separadamente

O controle de produtos cartográficos através de erros circulares (composição dos erros X e Y) é também largamente utilizado internacionalmente como mostrado em Lopez et al (2007) em seu levantamento das normas internacionais para controle posicional. Um resumo de denominações de erros circulares considerando a suas probabilidades é visto na tabela 4.2 abaixo.

Tabela - 4.2 - Diversas propostas de erros circulares

Erros e padrões de acurácia	Probabilidade	Zb x σ_c
Erro circular padrão (CSE)	0,3935	1,0000 σ_c
Erro circular provável (CPE)	0,5000	1,1774 σ_c
Erro circular provável padrão médio (CMSPE)	0,6321	1,4142 σ_c
Padrão de acurácia circular do mapeamento (CMAS90)	0,9000	2,1460 σ_c
Padrão de acurácia circular do mapeamento (CMAS95)	0,9500	2,4477 σ_c
Certeza prática circular (CPC) ²⁷	0,9978	3,5000 σ_c

Fonte: Lopez et al (2007)

Onde Zb é valor associado à probabilidade (área) para uma distribuição normal padronizada bidimensional (Figura 4.3) e σ_c o erro circular padrão definido por:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} \dots\dots\dots(4.1)$$

A possibilidade do controle da acurácia das coordenada X e Y (N e E) separadamente é interessante do ponto de vista operacional, pois permite a retirada de um eventual erro sistemático (tendência) que possa existir no mapeamento que esta sendo controlado. Vide item 4.4 a seguir

²⁷ Certeza prática circular (CPC) corresponde a probabilidade mínima de ocorrência de valores em uma população. (probabilidade de ocorrência de 0,22 %) quando da análise medidas de coordenadas considerando a composição de erros das coordenadas X e Y.

2 – Pode-se utilizar o decreto para análise posicional de produtos digitais?

Questão relevante colocada por Santos et al (2010b) e por Rocha (2002), é a utilização ou não do Decreto para produtos digitais visto que, em sua origem era direcionada ao controle de qualidade de mapas analógicos cujo conteúdo, e acurácia do mapa eram atrelados à escala do mapa impresso. Cintra e Nero (2005) justificam a sua utilização para material digital raciocinando da seguinte forma:

“Partindo do pressuposto de que a norma publicada em Brasil (1984) tem influência de Merchant (1982), pode-se afirmar que embora não mencione explicitamente, poderia se aplicar tanto para bases cartográficas analógicas como para digitais, já que o referido artigo trata do tema dentro do *National Digital Cartography Data Standards* – Padrões de Dados Cartográficos Digitais Nacionais – NDCDA. Não é uma norma completa para o meio digital, mas o que preconiza para controle posicional pode ser aplicada a documentos desta forma”

Outra justificativa para a utilização do Decreto para produtos cartográficos digitais é que a INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, através de suas especificações técnicas, está adotando para controle da acurácia do material digital destinado ao seu acervo, o especificado pelo Decreto, complementando-o, com mais uma classe para melhor atender as características mais acuradas dos produtos cartográficos digitais.

3 - As Expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático são equivalentes ?

Segundo Montgomery (2009) por definição “o erro padrão de um estimador é o seu desvio padrão”, ou seja, utilizando como estimador da acurácia de um produto cartográfico as discrepâncias entre sua posição mais acurada levantada em campo em relação à posição do ponto análogo no produto cartográfico, o erro padrão destas discrepâncias ou o desvio padrão destas discrepâncias são equivalentes.

Ainda segundo Montgomery (2009), Erro Médio Quadrático de um estimador é igual à variância deste estimador somado a tendência ao quadrado (equação 4.2)

$$EMQ = V(\theta) + Tendência^2 \quad (4.2)$$

Quando a tendenciosidade for igual a zero, a raiz quadrada do erro médio quadrático (RMSE – *Root Mean Square Error*) é igual ao desvio padrão (equação 4.3).

$$\sqrt[2]{EMQ} = s(\theta) \text{ ou } RMSE = s(\theta) \quad (4.3)$$

Uma expressão mais adequada para o § 4º poderia ser: ...Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões erro-padrão, desvio-padrão e raiz do erro-médio-quadrático²⁸ quando da análise de produtos cartográficos isentos de erros sistemáticos (sem tendências)²⁹.

4 – Para classificar uma carta deve-se testar se “90 % dos pontos bem definidos na carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico estabelecido” ou se o desvio padrão ou erro médio quadrático deve estar abaixo do EP (“§ 3º - O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica”)?

Segundo Santos (2010a) esta questão é explicitada pelas especificações técnicas da INDE :

[...]”A especificação publicada no primeiro semestre de 2010 na INDE (Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais) pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) expõe de maneira bem clara como deve ser realizada a execução da avaliação do PEC. Assim, devem ser testadas duas condições: a primeira é se 90% dos pontos quando testados são menores ou iguais ao valor do PEC; a segunda é se o erro médio quadrático ou desvio-padrão da amostra de testes é menor ou igual ao valor do erro-padrão (EP) da norma. Se as duas condições forem verdadeiras, o produto cartográfico é classificado de acordo com a classe e a escala testada. Se uma das duas condições falhar, o produto não é classificado para a classe e escala de teste”.

²⁸ Em alguns textos encontra-se RMSE *root mean square error* traduzido por erro médio quadrático.

²⁹ Erros sistemáticos são aqueles erros cuja magnitude e sinal algébrico podem ser determinados, seguindo leis matemáticas ou físicas. Pelo fato de serem produzidos por causas conhecidas podem ser evitados através de técnicas particulares de observação ou mesmo eliminados mediante a aplicação de fórmulas específicas. São erros que se acumulam ao longo do trabalho. Veiga et al (2012)

A seguir é detalhada a especificação técnica da INDE voltada ao controle posicional de produtos cartográficos digitais

4.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA INDE RELACIONADAS AO CONTROLE POSICIONAL DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DIGITAIS

O Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, institui a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e a define como o conjunto integrado de tecnologias; políticas; mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessário para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (LUNARDI, 2012).

A INDE tem como propósito catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições produtoras e mantenedoras desse tipo de dado, de maneira que possam ser localizados, explorados e Acessos para os mais diversos usos, por qualquer cliente que tenha acesso à Internet. Os dados geoespaciais serão catalogados / recuperados por meio dos seus metadados e a responsabilidade da publicação e manutenção do dado será da instituição responsável pela informação.

A INDE vai ao encontro da Lei de Acesso a Informação (LEI Nº 12.527, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2011) que destina assegurar o direito fundamental de acesso à informação, e que em seu artigo 4 considera para efeito desta lei: todo dados, processados ou não, que podem ser utilizados para produção e transmissão de conhecimento, contidos em qualquer meio, suporte ou formato³⁰.

Foram desenvolvidas (ou estão em processo desenvolvimento) uma série de especificações técnicas para dar suporte a INDE. No quadro 4.2 podem ser vistos exemplos destas especificações que estão sob responsabilidade da DSG.

São de especial interesse do presente estudo a ET-ADGV - Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais que define os novos valores de PEC voltados à cartografia digital e a ET-CQPCDG que define os procedimentos

³⁰ Após a Lei de Acesso a Informação, várias bases cartográficas, foram disponibilizadas para acesso público, entre elas o MDC, desenvolvida pela prefeitura de São Paulo, que esta sendo usado neste estudo como base cartográfica de referência.

para o controle de qualidade dos produtos formados por conjuntos de dados geoespaciais vetoriais. Infelizmente só foi possível a análise ET-ADGV visto que a ET-CQPCDG estava em processo de desenvolvimento até a presente data (outubro de 2014) e não foi possível apreciar seu conteúdo.

Quadro 4.2 - Exemplos das especificações técnicas da INDE de responsabilidade da DSG

[=Dado Geoespacial		Especificação que define o Padrão	Finalidade	Instituição Responsável	Situação / Instituição Executora
Cartografia Terrestre (Mapeamento Topográfico)	Dados matriciais escalas 1:250.000 e maiores	ET-PCDG	Definir os padrões dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais matriciais	Exército Brasileiro - DSG - decreto Lei 243 Cap IV, art 6º. §1º, Letra b com o Cap VII, art. 15, § 1º, número 2	Em elaboração / DSG
	Dados vetoriais escalas 1:250.000 e maiores	ET-EDGV	Definir um modelo conceitual para dados vetoriais garantindo a consistência lógica		Elaborada/ CONCAR/ CEMND
		ET-ADGV	Definir regras de aquisição da geometria dos dados garantindo a consistência lógica do atributo geometria e consistência topológica		Elaborada / DSG
		ET-PCDG	Definir os padrões dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais vetoriais		Em elaboração / DSG
		ET-EDGV	Definir um modelo conceitual para dados vetoriais garantindo a consistência lógica		Em elaboração / DSG
		ET-CQPCDG	Definir os procedimentos para o controle de qualidade dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais vetoriais		Em elaboração / DSG
Cartografia Terrestre (Mapeamento Cadastral)	Dados matriciais escalas 1:2.000 e maiores	ET-PCDG	Definir os padrões dos produtos de conjuntos de dados geoespaciais do tipo planta cadastral matricial		Em elaboração / DSG
	Dados Vetoriais escalas 1:2.000 e maiores	ET-PCDG	Definir os padrões das plantas cadastrais vetoriais		Em elaboração / DSG

Fonte: Adaptado de (LUNARDI 2012)

4.3.1. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) para a INDE

O modelo de dados conceitual do banco de dados geoespacial da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) é estruturado em categorias de informação: Hidrografia, Relevo, Localidades, Limites, Sistema de Transportes, Estrutura Econômica, Energia e Comunicações, Pontos de Referência e Vegetação. Cada categoria possui suas classes de elementos: Exemplificando para a categoria Hidrografia, existem as classes: Cursos d'água, Ilha, Queda d'água, entre outras).

A Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) tem por finalidade definir as regras para a construção do atributo “geometria” de cada classe de objetos constante na Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais do Banco de dados da INDE.

No capítulo III – “Orientações para a aquisição dos atributos das classes de objetos geoespaciais” é apresentado o tópico “Padrão de exatidão cartográfica do atributo geometria das instâncias das classes de objetos” cujo objetivo é apresentar os valores referentes ao Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).

Segundo esta especificação técnica o principal objetivo do Decreto nº 89.817, de 20 de Junho de 1984 foi assegurar a exatidão cartográfica do produto analógico, observando as peculiaridades de cada escala de representação, e que a evolução tecnológica, a disseminação do conhecimento, a popularização de equipamentos que utilizam dados e informações geoespaciais, bem como as demandas dos usuários indicaram a necessidade de serem estabelecidos novos padrões de qualidade para os produtos cartográficos.

Conforme Lunardi (2012),

“Com o advento da fotogrametria digital, a grandeza dos valores constantes no PEC, bem como a aplicação da própria norma, passou a ser questionada. Apesar de a cartografia digital gerar alguns erros de pequena significância, a experiência adquirida pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), órgão normatizador, indica que os produtos de dados geoespaciais apresentam hoje um maior grau de acurácia posicional que aqueles preconizados pelo PEC.

Pode-se atribuir isso a dois fatores:

- a incorporação ao processo produtivo de avanços tecnológicos, como por exemplo, a utilização de satélites para a definição do posicionamento, a aquisição de dados por sistemas fotogramétricos e outros;
- a eliminação de erros típicos da cartografia analógica e semi-analógica – oriundos da utilização de processos óptico-mecânicos na produção.

Diante dos fatos é possível verificar que novos indicadores estatísticos se fazem necessários para avaliação da qualidade posicional dos produtos digitais,...e em relação à Acurácia Posicional, serão observados os valores constantes no Padrão de Acurácia Posicional para Produtos Cartográficos Digitais (PAC-PCD), previsto na ET-ADGV

A ET-ADGV especifica que para que um produto digital possa ser aceito como produto de referência do Sistema Cartográfico Nacional (SCN), e consequentemente da Infraestrutura Nacional de Dados espaciais (INDE), a exemplo do previsto para o PEC (produtos impressos em papel), noventa por cento (90%) dos erros dos pontos coletados no produto cartográfico, quando comparados com as suas coordenadas levantadas em campo por método de alta precisão, devem apresentar os valores iguais ou inferiores aos previstos pelo Padrão de Exatidão cartográfica para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD), devendo ainda apresentar os valores do Erro Padrão (EP) também iguais, ou inferiores, aos previstos nas tabelas apresentadas no ET-ADGV. Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5.

O ET-ADGV em função das considerações em relação aos produtos digitais insere na tabela definida no Decreto nº 89.817 uma nova classe mais restrita que as anteriormente existentes mantendo as outras classes. Na tabela 4.3 são vistos o PEC-PCD Planimétrico e o EP. As classes “B”, “C” e “D” do PEC-PCD correspondem, nessa ordem, as classes “A”, “B”, “C” do PEC Planimétrico previstas no Decreto nº 89.817.

Tabela 4.3 - Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrica dos Produtos Cartográficos Digitais.

PEC ⁽¹⁾	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A ⁽²⁾	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B ⁽¹⁾	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C ⁽¹⁾	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D ⁽¹⁾	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Fonte: DSG – CONCAR (2011)

(1) Valores determinados, ou adaptados, com base nos valores do PEC Planimétrico previstos no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984. Fonte: DSG – CONCAR (2011)

(2) Produtos Cartográficos Digitais, baseado nos valores utilizados pelo “*Ordnance Survey*” e “*National Joint Utilities Group*” do Reino Unido, extraídos de Ariza (2002, pág. 87, no qual Exatidão Cartográfica = 0,28 mm na escala do produto cartográfico e EP = 0,17 mm na escala do produto cartográfico). Fonte : DSG – CONCAR (2011)

A ET-ADGV também define novas tabelas para altimetria. Para a altimetria representada por curvas de nível os valores de PEC e EP são vistos na tabela 4.4. Para a altimetria representada por pontos cotados, modelo digital de terreno (MDT), modelo digital de elevação (MDE) ou modelo digital de superfície (MDS) os valores de PEC e EP são vistos na tabela 4.5.

Tabela 4.4 – Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC ⁽¹⁾	PEC - PCD	1:1.000 (Eqd = 1m)		1:2.000 (Eqd = 1m)		1:5.000 (Eqd = 2m)		1:10.000 (Eqd = 5m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: DSG – CONCAR (2011)

Na Tabela 4.4, o PEC-PCD altímetro e o EP das classes “A”, “B” e “C” correspondem, respectivamente, as classes “A”, “B” e “C” do PEC Altímetro previstas no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984. A Classe “D” foi acrescentada e corresponde a 1 equidistância da curva de nível e EP de 3/5 da equidistância do produto cartográfico. DSG – CONCAR (2011).

Tabela 4.5 – Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados, do MDT, MDE e do MDS para a produção de Produtos Cartográficos Digitais

PEC - PCD ⁽³⁾	1:1.000 (Eqd = 1m)		1:2.000 (Eqd = 1m)		1:5.000 (Eqd = 2m)		1:10.000 (Eqd = 5m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	10,00	25,00	16,66	50,00	33,33
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	12,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	15,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Fonte: DSG – CONCAR (2011)

(3) Valor calculado levando-se em consideração os erros existentes nos processos de medição de pontos apoio e de fototriangulação. Fonte : DSG – CONCAR (2011)

A especificação técnica da INDE ET-ADGV, ao contrario do Decreto nº 89.817, explicita claramente em suas tabelas que os valores do PEC e PEC-PCD são validos também para escalas cartográficas maiores que 1:25.000.

Para facilitar a correlação com o Decreto nº 89.817, na tabela 4.6 é visualizado o PEC, PEC-PCD e o EP planimétrico em função da escala e na tabela 4.7 o PEC, PEC-PCD e o EP altimétrico (representação através de curvas de nível) em função da equidistância das curvas de nível.

Tabela 4.6 - PEC, PEC-PCD e EP planimétrico em função da escala.

Classes Decreto 89.817	Classes INDE	PEC / PEC-PCD Planimétrico (mm)	Erro padrão - EP (mm)
	A	0,28 mm x Escala	0,17 mm x Escala
A	B	0,5 mm x Escala	0,30 mm x Escala
B	C	0,8 mm x Escala	0,50 mm x Escala
C	D	1,0 mm x Escala	0,60 mm x Escala

Fonte: O autor

Tabela 4.7 - PEC, PEC-PCD e EP altimétrico em função da equidistância da curva de nível.

Classes Decreto	Classes INDE	PEC / PEC-PCD Altimétrico	Erro padrão - (EP)
A	A	1/2 equidistância das curvas de nível	1/3 equidistância das curvas de nível
B	B	3/5 equidistância das curvas de nível	2/5 equidistância das curvas de nível
C	C	3/4 equidistância das curvas de nível	1/2 equidistância das curvas de nível
	D	1 equidistância das curvas de nível	3/5 equidistância das curvas de nível

Fonte: O autor.

A Classe “D” foi acrescentada e corresponde a 1 equidistância da curva de nível e EP de 3/5 da equidistância do produto cartográfico. DSG – CONCAR (2011)

Ressalta-se, como descrito anteriormente, que esta especificação técnica foi construída voltada a produtos digitais vetoriais desenvolvidos para INDE.

4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

São largamente utilizados os testes de precisão e tendência para definição da acurácia dos produtos cartográficos. Foram propostos inicialmente por Merchant

(1982) e sua utilização para a classificação da acurácia para bases cartográficas analógicas pode ser vista em Lima (2013); para bases cartográficas digitais em Nero (2005); para imagens de satélite em Ishikawa (2001), Camargo et al (2007) e Silveira et al (2005) e para bases cartográficas na Web (Google Earth) em Silva e Nazareno (2009), entre outros estudos

A análise estatística da exatidão cartográfica planimétrica descrita por Merchant (1982) é composta pela análise de tendências para verificar a existência de erros sistemáticos e a análise de precisão. Tais procedimentos são baseados na realização de testes de hipótese sobre a média e o desvio padrão amostral das discrepâncias, obtidas através da diferença entre as coordenadas dos pontos no terreno e na imagem (Ishikawa, 2001).

É interessante a utilização da análise estatística para classificação da acurácia dos produtos cartográficos pois permite definir se a tendência é significativa do ponto de vista estatístico e consequentemente, se é necessário eliminá-la (Nero, 2005).

Para realizar os testes de Tendência e o de Precisão primeiramente calcula-se a média e desvio padrão das diferenças entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada um dos pontos (equação 4.5)

$$\Delta X_i = Xc_i - Xa_i \quad (4.5)$$

Sendo ΔX_i a discrepância numa determinada direção das coordenadas entre as coordenadas do ponto de controle Xc_i e as coordenadas dos pontos correspondentes Xa_i no produto avaliado, em que i varia de 1 a n .

A média das discrepâncias é calculada pela equação 4.6

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta X_i}{n} \quad (4.6)$$

Onde:

μ = média das discrepâncias numa determinada direção X (N, E)

n = número de pontos de controle.

O Desvio padrão das discrepâncias é calculado pela equação 4.7

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\Delta X_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (4.7)$$

Onde

S_x = Desvio padrão numa determinada direção X (N, E)

O teste da precisão (teste do qui-quadrado) avalia para uma dada coordenada qualquer (X), se o documento atinge ou não determinada precisão. Ou seja, verifica para cada coordenada de maneira separada, de acordo com as seguintes hipóteses:

H_0 : S_x é estatisticamente igual (ou menor) ao EP: o documento cartográfico atende à precisão desejada numa dada coordenada (N e E).

H_1 : S_x é estatisticamente diferente (maior) que EP: o documento cartográfico não atende à precisão desejada numa dada coordenada (N e E).

Onde:

S_x é o desvio padrão das discrepâncias da amostra para as coordenadas N e E .

O teste de precisão utiliza a seguinte equação para o cálculo do χ^2 :

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{n-1}{EP^2} \times s^2 \quad (4.8)$$

Nessa equação, EP corresponde ao erro-padrão esperado (EP para uma determinada escala e classe conforme o Decreto nº 89.817) para a coordenada X, n é o número de amostras e S é o desvio padrão amostral das discrepâncias da coordenada X.

O qui quadrado $\chi^2_{(calculado)}$ deve ser comparado com um valor limite, extraído de uma tabela estatística de valores de $\chi^2_{(n-1;\alpha)}$, para um determinado número de amostras (grau de liberdade) e nível de significância α .

Se $\chi^2_{(calculado)}$ estiver abaixo do tabelado, aceita-se a hipótese H_0 e o documento cartográfico atende à precisão desejada

Se $\chi^2_{(calculado)}$ estiver acima do tabelado, rejeita-se a hipótese e o documento cartográfico não atende à precisão desejada. O documento pode ser rejeitado e/ou podem ser feitas análises complementares.

Para um documento cartográfico rejeitado para a classe A, pode-se testar classes B ou C ou mesmo escalas menores, recalculando o valor de χ^2 para outros EPs e verificando aquele para o qual a hipótese H_0 pode ser aceita.

Quando o documento cartográfico atinge a precisão pré estabelecida para uma determinada escala e classe ($\chi^2_{calculado}$ abaixo do $\chi^2_{tabelado}$), este é classificado para a escala e classe correspondente ao EP utilizado, de acordo com o Decreto Federal Nº. 89.817. (NERO, 2005)

Para a detecção de erro sistemático (teste de tendência) numa determinada coordenada faz-se a aplicação do teste de hipótese:

H_0 : se μ é estatisticamente igual à zero: não existe tendência numa determinada coordenada.

H_1 : se μ é estatisticamente diferente de zero: existe tendência numa determinada coordenada.

O teste de tendência é executado para um determinado nível de significância α .

As hipóteses são analisadas para $n \geq 30$ pela Função Distribuição Normal Unidimensional “Z”, que é um valor tabelado em função do nível de confiança. E são analisadas pela distribuição t quando n menor que 30 (KAZMIER, 1982). Como em muitos casos de controle de qualidade n é menor que esse valor (por exemplo, Merchant indica 20 pontos), essa verificação acabou sendo conhecida popularmente com teste t de Student; associando a verificação a essa distribuição.

Assim, se $|Z_x| < Z_{(1-\alpha)}$, o documento cartográfico pode ser aceito como livre de efeito sistemático numa dada coordenada X qualquer (LIMA, 2013).

Onde Z_x é calculado pela equação 4.9

$$Z_x = \frac{1}{EP} \times \mu \times \sqrt{n} \quad (4.9)$$

Onde EP é o valor do erro definido pela norma brasileira (Decreto nº 89.817) para uma determinada escala e classe.

Existindo erro sistemático, ou seja, tendência, esta pode ser eliminada com uma simples translação na direção em que se constata tal ocorrência, o que corresponde a subtrair o valor da média de cada valor de discrepância. (LIMA, 2012)

4.5. ANÁLISE DA ACURÁCIA DIRETAMENTE PELO DECRETO Nº 89.817

Conforme Nero (2005) e Lima (2013) pode-se aplicar diretamente o Decreto nº 89.817 para a classificação de produtos cartográficos.

Para tanto deve se igualmente calcular as discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada (ΔX_i) para cada ponto conforme a equação (4.10) considerando as coordenadas N e E separadamente.

$$\Delta X_i = X_{c_i} - X_{a_i} \quad (4.10)$$

Conforme se pode deduzir a partir do Decreto nº 89.817, para determinar a escala de um produto cartográfico, verifica-se para a classe A em uma determinada escala, se o número de discrepâncias com valores acima do PEC ultrapassa os 10 % do total da amostra. Ultrapassando os 10% da amostra, deverá ser comparado com as classes inferiores ou com uma escala menor (com PEC de valor maior) até que a quantidade de discrepâncias com valores menores que o PEC seja igual ou menor que 90% do total da amostra. A classificação do produto cartográfico será a primeira

escala e classe onde a quantidade de discrepâncias for menor ou igual a 90 % da quantidade de amostras.

Conforme o Decreto nº 89.817 (parágrafo 3) deve-se também comparar o erro padrão das discrepâncias com os valores de EP para uma escala e classe para classificar o produto cartográfico.

Para uma determinada escala e classe o EP (ou Desvio Padrão, ou Erro Médio Quadrático³¹) do produto cartográfico não deverá ultrapassar 60,8 % do PEC. Este valor foi definido mediante a inversão da fórmula $PEC = 1,6449 \cdot EP$, ou seja, $EP = PEC / 1,6449$ ou $0,608 \cdot PEC$.

Para os tipos de produtos cartográficos que são o enfoque deste estudo, caso haja erros sistemáticos (tendências nas coordenadas N ou E), é difícil retirar esses erros quando os produtos são utilizados no SIG através de serviços de mapas, e não é trivial solicitar a retirada destas tendências aos fornecedores dos serviços (Google, Microsoft e Esri).

Considerando que o Erro Médio Quadrático de um estimador é igual à variância deste estimador somado a tendência ao quadrado (MONTGOMERY, 2009), pela dificuldade da retirada da tendência (quando existir), os valores do Desvio Padrão e da Raiz do Erro Médio Quadrático para estes produtos não serão iguais. Sendo assim, nesta dissertação, para a definição da escala, será comparada a raiz do erro médio quadrático (RMSE) com o valor de 60,8% do PEC (e não o desvio padrão), pois é interessante para este estudo um estimador que inclua a tendência (quando existente). Se não existir tendência, os valores do desvio padrão e RMSE serão equivalentes, sendo indiferente a utilização de um ou de outro estimador.

Santos (2010a) também compara somente o erro médio quadrático com o 60,8% do PEC (e não usa o desvio padrão), a norma americana FGDC-STD-007.3 de 1998, utiliza o RMSE das discrepâncias como estimador do erro de um produto cartográfico e foram também encontrados vários outros pesquisadores em artigos internacionais utilizando o RMSE das discrepâncias, como por exemplo, Smith (2004), Potere, (2008), Becek (2011), Mohammed, (2013) e Ubukawa (2013), entre outros.

³¹ O Decreto nº 89.817 especifica como expressões equivalentes Erro Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático. Neste estudo será adotado como expressões equivalentes o Erro Padrão, Desvio Padrão e Raiz do Erro Médio Quadrático desde que não existam erros sistemáticos (tendência).

Para o cálculo da raiz do erro médio quadrático (RMSE), a norma americana FGDC-STD-007.3 de 1998 utiliza a equação 4.11:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Xc_i - Xa_i)^2}{n}} \quad (4.11)$$

Onde

RMSE = Raiz do erro médio quadrático

$Xc_i - Xa_i$ = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

n = Número de pontos de controle

Santos (2010a) propõe que a escala do produto cartográfico seja a menor escala que ao mesmo tempo atenda ao teste dos 90% e que também atenda ao teste do 60,8% do PEC.

Será também adotada essa premissa nesta dissertação, pois vai ao encontro de uma utilização mais segura das bases. Por exemplo, se por um dos métodos a escala encontrada for 1:12.000 (erro de 6 metros para a classe “A”) e pelo outro 1:8.000 (erro de 4 metros para a Classe “A”), adotando-se a menor escala (1:12.000) estará sendo escolhida uma escala de menor acurácia (maior erro), impedindo assim, usos indevidos do produto onde a diferença no erro de 2 metros possa ser relevante.

4.6. ANÁLISE DA ACURÁCIA DIRETAMENTE PELA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA ET-ADGV

Como já foi visto no item 4.3.1, a Especificação Técnica ET-ADG elaborada pela DSG reafirma igualmente a Norma Brasileira, que noventa por cento dos erros dos pontos coletados no produto cartográfico, quando comparados com as suas coordenadas levantadas em fonte mais precisa devem apresentar os valores iguais ou inferiores aos previstos no PEC-PCD.

Considerando o afirmado acima, e a igualdade das tabelas de PEC e PEC-PCD, deduz-se que o procedimento para classificação em relação à escala para um produto cartográfico, é o mesmo que o preconizado pelo Decreto nº 89.817 com a particularidade de que os valores de discrepância devem ser comparados com o PEC-PCD (4 classes e não 3).

Sendo assim, uma vez calculadas as discrepâncias, calculam-se os totais e os percentuais das discrepâncias (ΔX_i) acima do padrão de acurácia (PEC-PCD) planimétrico para cada uma das coordenadas N e E considerando uma determinada escala e a classe A.

Caso a porcentagem de erros fique acima de 10 % para a classe A compara-se sucessivamente com o PEC-PCD para as classes B, C, e D. Continuando, deve-se comparar com o PEC-PCD para a classe A da próxima escala de menor detalhe.

A classificação do produto cartográfico será a primeira escala e classe onde a quantidade de discrepâncias for menor ou igual a 90 % da quantidade de amostras.

Conforme é definido na especificação técnica ET-ADGV, os produtos cartográficos deverão igualmente atender a condição de que o erro médio quadrático ou desvio-padrão da amostra seja menor ou igual ao valor do erro-padrão (EP) e somente quando as duas condições (teste dos 90% e teste dos 60,8% do PEC) forem verdadeiras, o produto cartográfico é classificado de acordo com a classe e a escala testada. Se uma das duas condições falhar, o produto não é classificado para a classe e escala de teste.

Para este estudo não será executado a classificação das bases frente aos padrões referentes à Classe “A” da ET-ADGV, pois estas bases não possuem as características dos produtos cartográficos destinados a INDE.

4.7. TRATAMENTO DOS ERROS GROSSEIROS

Segundo Nero (2005) e Lima (2013), o tratamento do erro grosseiro deve ser executado antes das Análises Estatísticas para Classificação da Acurácia dos Produtos Cartográficos e da Análise de Acurácia a partir da Norma Brasileira.

O critério adotado pelos autores para seleção de discrepâncias com erro grosseiros foi de separar inicialmente todos os pontos cujos valores das discrepâncias, para N

ou para E sejam superiores à “média amostral ± 3 vezes o desvio padrão amostral” (equação 4.12)

$$(\mu - 3s) > (Xc_i - Xa_i) > (\mu + 3s) \quad (4.12)$$

O fundamento teórico para este critério é que a probabilidade em uma distribuição normal de existirem valores superiores a $\mu \pm 3s$ é menor que 1% (0,22%). Quando existem é que pode haver alguma anomalia no processo.

Para estes pontos separados, deve-se verificar inicialmente se houve algum problema no processo de marcação dos pontos homólogos e/ou no cálculo das discrepâncias. Caso sejam encontrados os problemas, deve-se corrigi-los e recalculá-los as discrepâncias. Caso exista um erro e não seja possível corrigi-lo, este ponto deve ser retirado da amostragem quando houver razão suficiente. Por exemplo: Um ponto de controle em um encontro de muros de difícil visualização.

Para os pontos onde as discrepâncias estejam fora do intervalo $\mu \pm 3s$, mas não foram encontradas possíveis irregularidades no processo de controle posicional, estes autores sugerem que estes pontos devem permanecer na amostragem, pois representam a realidade do produto cartográfico que está sendo analisado.

5. MAPA DIGITAL DA CIDADE DE SÃO PAULO (MDC) - BASE CARTOGRÁFICA DE REFERÊNCIA PARA O CONTROLE POSICIONAL

Este capítulo apresenta uma análise da Base Cartográfica que será utilizada com referência para o controle de qualidade das bases disponibilizadas na Web

A base cartográfica que será utilizada como referência neste estudo é o Mapa Digital da Cidade (MDC).

A principal fonte de informação desta base é o edital público para a sua contratação de 2002 (CONCORRÊNCIA SF/CJL.1 Nº 001/200). Segundo este edital:

“A presente concorrência tem por objeto a contratação de empresa para a prestação de serviços técnicos especializados de Mapeamento Digital, por meio de levantamento aerofotogramétrico, incluindo: cobertura aerofotogramétrica colorida, apoio de campo planialtimétrico, aerotriangulação, restituição digital, modelo digital do terreno, reambulação, edição, preparação de arquivos para uso em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), elaboração de ortofotos, materialização de uma Rede de Vértices Geodésicos, geocodificação de feições, visando a elaboração do Mapa Digital do Município de São Paulo, na totalidade de sua área, serviços de desenvolvimento e implantação de sistemas de informações geor referências e serviços de capacitação e treinamento para a utilização do sistema de informações geor referências.

A área total do Município de São Paulo, de aproximadamente 1.500 km² (hum mil quinhentos quilômetros quadrados), será dividida em 2 (duas) áreas, a saber, áreas A e B, devidamente definidas e identificados [...]

O Mapeamento Digital do Município de São Paulo será obtido através de restituição digital, nas seguintes escalas:

Escala 1:1.000 - área A de, aproximadamente, 1.100 km².

Escala 1:5.000 - área B de, aproximadamente, 400 km².

[...] Os serviços de geocodificação destinam-se a identificar, aproximadamente, 2.000.000 (dois milhões) de unidades territoriais, independentemente do número de unidades fiscais a elas vinculadas, que serão identificadas [...] Os encargos financeiros serão atendidos pela dotação nº 17.10.04.126.0176.2170.44905200-0, pelo valor estimado de R\$ 28.000.000,00 (vinte e oito milhões de reais).”

As áreas A e B a serem mapeadas na escala 1:1.000 e 1:5.000 respectivamente podem ser vistas na Figura 5.1

Figura 5.1 - Área A em amarelo identificando a área para cobertura 1:1.000 e a área B em verde identificado a área para cobertura 1:5.000

Fonte: Edital CONCORRÊNCIA SF/CJL.1 Nº 001/2002

O projeto foi executado pelo consórcio CONCIDADE formado pelas empresas: Aerocarta, Aeroimagem, Engefoto e Esteio. O aerolevantamento é de 2003 e 2004 e foi disponibilizado internamente na prefeitura em 2007/2008. O gerenciamento, controle de qualidade e fiscalização do projeto ficou a cargo da Prefeitura de São Paulo com apoio da empresa Fundação ATECH Tecnologias Críticas, que por sua vez contou com a assessoria de professores da Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Transportes, área de Informações Espaciais.

Segundo Lima (2013) que utilizou o MDC para controle de qualidade do mapeamento da SARA efetuado entre 1928 e 1933 no município de São Paulo, não existem informações oficiais sobre a acurácia do MDC e também não se encontrou nada nesse sentido em pesquisa feita na Web. Extra oficialmente comentava-se que esta base alcançou a categoria “B” para a escala 1: 1.000.

Lima (2013) efetuou testes para definir a acurácia do MDC em uma área amostral de 1 km por 1 km ou 100 ha, que abrange os bairros de Campos Elíseos e Santa Ifigênia, região central da cidade com relevo que vai de plano ao suave ondulado. Foram levantados para o controle posicional 279 pontos com topografia convencional, em levantamento cuidadoso.

Foram comparados 273 pontos homólogos no levantamento topográfico e no MDC, em função de seis deles terem sido descartados por apresentarem erros grosseiros.

Os resultados estatísticos das discrepâncias entre os 273 pontos homólogos podem ser visto na tabela 5.1

Tabela 5.1 - Estatísticas das diferenças de coordenadas de 273 pontos levantados com topografia convencional e seus pontos homólogos no MDC.

	<i>Coord. X</i>	<i>Coord. Y</i>	<i>Difer. Horizontal</i>
Média	-0,048	-0,001	0,459
Erro padrão	0,023	0,022	0,016
Mediana	-0,014	0,008	0,411
Modo	0,000	0,153	#N/D
Desvio padrão	0,388	0,365	0,272
Variância da amostra	0,150	0,133	0,074
Curtose	0,665	-0,029	0,586
Assimetria	-0,211	-0,084	0,976
Intervalo	2,245	1,937	1,324
Mínimo	-1,148	-0,934	0,000
Máximo	1,097	1,003	1,324
Soma	-13,233	-0,262	125,419
Contagem	273	273	273
Nível de confiança (95.0%)	0,046	0,043	0,032

Fonte: Lima (2013)

Apesar de que a média nos eixos Este (-0,048 m) e Norte (0,001 m) aproximaram-se de zero, esses valores, pela quantidade de pontos utilizados, podem significar a existência de tendência. Para verificar se esses valores representavam um desvio

sistemático significativo estatisticamente, foi aplicado o teste de tendência baseado na função distribuição normal unidimensional e para um nível de confiança de 90%.

Os resultados encontrados foram:

$Z_{\text{calculado}} = 2,0654 > 1,6449$ (maior que o limite) no eixo Este. Existe tendência

$Z_{\text{calculado}} = 0,0435 < 1,6449$ (menor que o limite) no eixo Norte. Não existe tendência.

Assim, apesar de a média ser próxima de zero (em torno de 4,8cm em E e 1mm em N), estatisticamente existe tendência no eixo Este e não há tendência para o eixo Norte.

Foi realizado também o teste de precisão do χ^2 que resultou:

Para a coordenada Este:

$$\chi^2_{\text{(tabelado)}} \quad \chi^2_{n-1;\alpha} = \chi^2_{272;0,1} = 302,255$$

$\chi^2_{\text{(calculado)}} :$

$$\text{Para mapeamento 1:1000 classe A (EP=0,30):} \quad \chi^2_{272;0,1} = 454,441$$

$$\text{Para mapeamento 1:1000 classe B (EP=0,50):} \quad \chi^2_{272;0,1} = 163,599$$

Para a classe A o χ^2 calculado ultrapassa o tabelado e portanto não atinge a precisão dessa classe.

Para a coordenada Norte:

$$\chi^2_{\text{(tabelado)}}: \quad \chi^2_{n-1;\alpha} = \chi^2_{272;0,1} = 302,255$$

$\chi^2_{\text{(calculado)}} :$

$$\text{Para mapeamento 1:1000 classe A (EP=0,30):} \quad \chi^2_{272;0,1} = 401,866$$

$$\text{Para mapeamento 1:1000 classe B (EP=0,50):} \quad \chi^2_{272;0,1} = 144,672$$

Para a classe B o χ^2 calculado está abaixo do tabelado.

Isso significa que a amostra não pode ser considerada como sendo de uma população (mapeamento) com o erro padrão obedecendo-se ao limite de 0,3 m; para a classe A, mas atende à classe B (0,50 m), confirmando, através dessa amostra limitada, o que já se sabia por informações não oficiais (LIMA, 2013).

Foi analisada, de acordo com Decreto nº 89.817, a porcentagem de pontos com diferenças (entre as coordenadas do MCD e os pontos de campo) superiores a 10%:

a) Considerando o PEC de 0,50 e 0,80m (Classe A e B respectivamente para um mapeamento 1:1.000), para um total de 273 pontos no eixo Este, verificou-se que:

230 pontos (84%) possuem um erro inferior a 0,50m; ou que 16% tem erro superior, valor que é superior aos 10 % especificados pela Norma; Ou seja, não é de classe A.

255 pontos (93%) possuem um erro inferior a 0,80m; ou 7 % tem erro superior, valor inferior aos 10 % especificado pela Norma; ou seja, atinge a classe B, para essa coordenada, na escala em que foi construída (1:1.000).

b) Considerando o PEC de 0,5 e 0,8m (Classe A e B respectivamente para um mapeamento 1:1000), para um total de 273 pontos no eixo Norte, tem-se:

233 pontos (85%) possuem um erro inferior a 0,50m; ou 15% tem erro superior, maior portanto que os 10 % especificados pela Norma;

263 pontos (96%) possuem um erro inferior a 0,80m 96%; ou 4 % tem erro superior, valor menor que os 10 % especificados pela Norma. ou seja, atinge a classe B, também para essa coordenada;

Sendo assim, esta área do mapeamento da MDC, quando comparada ao levantamento topográfico convencional, executado com Estação-Total, não atende a classe A estabelecida pelo Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (PEC), mas atende à classe B, que é adequada para muitos tipos de uso (LIMA, 2013).

Este resultado deve ser considerado para a área onde foi efetuado o controle posicional, sendo que não foram encontradas outras avaliações de qualidade posicional em diferentes regiões do município de São Paulo.

6. SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA DAS BASES

Este capítulo trata dos sistemas de projeção e de referência geodésico das bases envolvidas no estudo.

Uma das questões relevantes quando se pretende trabalhar com as bases disponibilizadas na Web dentro do SIG, é o entendimento do sistema de projeção e de referência geodésico destas bases, de modo a compatibilizá-las adequadamente com outras informações que estejam em outros sistemas de projeção e de referência geodésico.

Primeiramente, neste capítulo é desenvolvida uma explanação teórica sobre sistemas geodésicos de referência e mais particularmente do WGS84, em seguida são apresentadas as características dos sistemas de referência e de projeção do MDC e das bases que serão analisadas. Ao final do capítulo são apresentados os métodos e parâmetros de conversão entre os sistema de referência envolvidos no estudo.

6.1. SISTEMAS GEODÉSICOS DE REFERÊNCIA

Um sistema geodésico de referência – SGR é um sistema de coordenadas associado a um modelo matemático que representa o globo terrestre para a localização de feições na Terra.

A implantação de um SGR compreende 2 etapas: a definição do sistema e a sua materialização. A definição do sistema de referência inclui a escolha do elipsóide de revolução e as convenções para a definição dos 3 eixos cartesianos. A materialização do sistema é feita por um conjunto de coordenadas de estações, obtidas através de diferentes técnicas de posicionamento, criando a estrutura ou rede de referência. (Zanetti, 2006)

Um sistema geodésico de referência clássico, topocêntrico é definido por um elipsóide de revolução e seu posicionamento no espaço. O elipsóide é escolhido de forma a garantir sua adaptação ao geóide na região de interesse. Os parâmetros definidores do sistema, orientação, posicionamento e forma, estão vinculados a um ponto na superfície terrestre, denominado Datum e aos parâmetros de forma do

elipsóide, semieixo maior e achatamento, além de outros dados como a ondulação geoidal, o desvio da vertical e o azimute para um ponto de referência, que orienta o elipsóide no espaço. O centro deste elipsóide não coincide necessariamente com o centro de massa da Terra. Os sistemas Córrego Alegre, Astro Datum Chuá e SAD69 são exemplos de SGR de concepção clássica. (FERNANDES et al, 2010)

Nas redes de referência clássicas, a materialização da posição horizontal de pontos na superfície terrestre foi realizada através de métodos tradicionais como poligonação, triangulação e trilateração e o posicionamento altimétrico através de nivelamento geométrico ou trigonométrico. Como os posicionamentos horizontal e vertical de precisão não ocorrem simultaneamente, adotam-se duas redes geodésicas de referência, uma horizontal, que fornece a referência para as coordenadas horizontais como latitude e longitude e outra vertical, referência para a altimetria (Zanetti, 2006)

Em um sistema geodésico de referência moderno, sua definição pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massa da Terra, um eixo de revolução (Z) coincidente com o eixo de rotação da Terra (Polo internacional de referência), um segundo eixo (X) orientado para o primeiro meridiano (Meridiano internacional de referência) e um terceiro (Y), de maneira a formar um terno ortonormal positivo. A sua materialização se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais. Estas coordenadas, por sua vez, são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão, tais como *Very Long Baseline Interferometry (VLBI)*, *Lunar Laser Ranging (LLR)*, *Satellite Laser Ranging (SLR)* e *Global Navigation Satellite System (GNSS)*. Sendo assim, as medidas estão relacionadas a um sistema cartesiano tridimensional com origem no centro de massa da terra.

São exemplos de sistemas geodésicos de referência modernos o International Terrestrial Reference System (ITRS), o World Geodetic System 1984 (WGS-84) e o SIRGAS2000. (FERNANDES et AL, 2010 baseado em CASACA et al, 2000)

6.1.1. Sistema de Referência Geodésico WGS84

O World Geodetic System 1984 (WGS84) é a quarta versão de sistema de referência geodésico global estabelecido pelo U.S. Department of Defense (DoD) desde 1960 com o objetivo de apoiar o posicionamento e a navegação em qualquer parte do mundo, através de informações espaciais. As primeiras denominações dos sistemas de referência geodésico globais foram WGS60, WGS66, WGS72 onde 60, 66 e 72 referem-se ao ano de suas implementações (1960, 1966 e 1972).

Com a melhoria das técnicas nos últimos anos, uma série de refinamentos foram desenvolvidos no WGS84 de 1984. O primeiro refinamento foi obtido através de uma nova materialização do sistema, com 32 estações. Esta solução recebeu a denominação de WGS84 (G730), época de referência 1994,0.

O segundo refinamento foi um trabalho que envolveu três instituições: NIMA, NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) e Ohio State University. O resultado foi o desenvolvimento de um novo modelo global do campo gravitacional terrestre, o EGM96, com melhorias no World Geodetic System (WGS)

Uma nova materialização da rede terrestre de referência WGS84 recebeu a denominação WGS84 (G873), referida à semana GPS 873 (época de referência 1997,0). Esta versão foi implementada no segmento de controle operacional em 29 de janeiro de 1997.

Uma quarta atualização recebeu a denominação de WGS84 (G1150), adotado no Sistema GPS a partir de 20 de janeiro de 2002 (IBGE, 2011) e uma última que foi implementada em 8 de fevereiro de 2012 foi denominada WGS84 (G1674).

O WGS84 é um sistema dextrógiro fixo à Terra, em que a origem e orientação dos eixos são definidas pelo NGA (National Geospatial Intelligence Agency) como segue (MORAES et al, 2008):

Origem: centro de massa da Terra;

Eixo Z: IRP (International Reference Pole) - corresponde à direção do pólo, definida pelo BIH CTP na época 1984,0;

Eixo X: IRM (International Reference Meridian) = corresponde à intersecção do meridiano origem (BIH, época 1984,0) com o plano que passa pela origem, normal ao eixo Z;

Eixo Y: completa o sistema dextrógiro.

Elipsóide: WGS84, com os seguintes parâmetros geométricos:

Semi eixo maior $a = 6\,378\,137,000$ m e achatamento $f = 1/296,257223563$

6.2. SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA DE REFERÊNCIA DO GOOGLE MAPS, BING MAPS E DO WORLD IMAGERY

A elaboração de um mapa requer um método que estabeleça uma relação entre os pontos da superfície da Terra e seus correspondentes no plano de projeção do mapa. Para se obter essa correspondência, utilizam-se os sistemas de projeções cartográficas. Todos os mapas são representações aproximadas da superfície terrestre, porque não se pode passar de uma superfície curva para uma superfície plana sem que haja deformações. Neste processo, os mapas preservam certas características e alteram outras (D'ALGE 2001).

A tela do computador também é uma superfície plana e conseqüentemente quando um mapa é mostrado na tela, necessariamente este possui um sistema de projeção.

Para a apresentação na tela do computador dos dados das bases do Google Maps, Bing Maps e da ESRI, os *tiles* (ladrilhos) que formam estas bases para cada nível de Zoom, são pré-preparados nos servidores das bases de modo a serem disponibilizados pelos serviços de mapas sem a necessidade de processamentos *on-line* e dispêndio de tempo. Estes inclusive já são preparados em um sistema de projeção. (Figura 6.1).

O esquema dos *tiles* dos mapas no ArcGIS Online segundo a ESRI³² usa o sistema de projeção “*Web Mercator Auxiliary Sphere*”. Ainda segundo a ESRI, este sistema de projeção foi adotado para garantir a uniformidade com outros serviços de mapas populares como o Bing Maps e Google Maps que usam o mesmo sistema de projeção, ou seja, o World Imagery da Esri disponibilizado pelo ArcGis Online e os serviços do mapas do Google Maps e do Bing Maps utilizam o sistema de projeção “*Web Mercator Auxiliary Sphere*” (Referência: EPSG³³ 3857 e SR-ORG:6864³⁴).

³² Fonte: http://resources.arcgis.com/en/help/arcgisonline-content/index.html#/Tiling_scheme_for_Esri_maps/011q00000012000000/ acesso em 02/08/2013.

³³ EPSG - European Petroleum Survey Group atualmente integrando a OGP-GC (*International Association of Oil & Gas producers Geomatics Committee*)

Figura 6.1 - Esquema dos três primeiros níveis dos tiles (ladrilhos) do Bing Maps do total de vinte e três níveis de zoom.

Fonte: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb259689.aspx> Acesso em 6/10/2014

O sistema de projeção “*Web Mercator Auxiliary Sphere*” é um sistema de projeção cilíndrico, de eixo vertical, com um cilindro tangente à superfície da terra no equador, como é mostrado na Figura 6.2.

Figura - 6.2 - Esquema de projeção cilíndrica empregado nos três serviços de mapa analisados na presente dissertação

³⁴ SR-ORG. Spatialreference.org. É um site voltado ao auxílio no uso de sistemas de referência espacial

A origem das coordenadas deste sistema são o *International Reference Meridian* (IRM) e o Equador; o padrão de unidade é o metro e existem coordenadas negativas. O eixo do cilindro é coincidente com o eixo de rotação da terra e os meridianos e paralelos são representados por retas perpendiculares.

Segundo a EPSG³⁵ o sistema *Web Mercator Auxiliary Sphere* utiliza o sistema de referência geodésico WGS84, mas este sistema de projeção usa um desenvolvimento esférico de coordenadas elipsoidais.

Para este sistema de projeção, em relação ao mesmo sistema utilizando um desenvolvimento elipsoidal (WGS84), podem existir erros de 0,7% em escala e diferenças na direção norte de até 43 km³⁵.

Foram encontradas poucas informações sobre os detalhes deste sistema de projeção, mas provavelmente este utiliza as equações do sistema UTM para a terra esférica utilizando um raio médio de adaptação local: $R_m = \sqrt{(M \times N)}$ ³⁶.

Como qualquer projeção, o *Web Mercator Auxiliary Sphere* tem limitações inerentes ao seu modelo: primeiramente, os polos não podem ser representados, pois acima de 85 graus norte e sul as deformações tornam este sistema de projeção não utilizável. Além disso, medidas de área e distância neste sistema sofrem maiores deformações quanto mais ao norte e ao sul for feita a medição³⁷.

O esquema dos *tiles* é cortado nas latitudes 85,051125° norte e sul.

6.3. SISTEMA DE PROJEÇÃO E SISTEMA DE REFERÊNCIA GEODÉSICO DO MDC

No termo de referência do Edital (CONCORRÊNCIA SF/CJL.1 Nº 001/200) no item “Sistema de Projeção e de Referência” é informado que os mapeamentos MDC serão elaborados no Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), referenciado ao Pilar 1-USP da Rede Geodésica do Estado de São Paulo, integrada ao Sistema Geodésico Brasileiro, Datum SAD 69/96.

³⁵ Fonte: EPSG - <http://www.epsg-registry.org>. Acesso em 4/10/2014

³⁶ Onde M é o Raio Médio de curvatura da seção meridiana do elipsoide e N é o Raio médio da curvatura na seção transversa do elipsóide

³⁷ Fonte: Google Developers Guide – Coordinates. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/maptypes#MapCoordinates>. Acesso em 19/7/2013

Nas cartas impressas do MDC em formato PDF, disponibilizadas através do site da prefeitura, podem ser confirmadas estas informações. Nestas constam igualmente que o sistema de Projeção é o UTM e o Datum é o SAD69/96 .

O sistema de projeção UTM é o sistema tradicional utilizado pelas cartas do SCN – Sistema Cartográfico Nacional. Para maiores detalhes, pode-se consultar Cintra (2003).

Com relação ao Datum SAD69/96, para este estudo, é necessário um maior detalhamento principalmente devido às diferenças entre as coordenadas de um mesmo ponto quando referenciado ao SAD69 Clássico e ao SAD69/96. Apesar da mesma denominação, segundo Oliveira et al, (1998), as diferenças entre as coordenadas de ambos para um mesmo local pode ser de até 30 metros.

No ano de 1985 foi criado o projeto de Reajustamento da Rede Geodésica Planimétrica Brasileira – REPLAN pelo IBGE. A exigência de um reajustamento da componente planimétrica da Rede Geodésica Brasileira - RGB já era evidenciada nesta época, fundamentada basicamente na necessidade de minimizar as deformações impostas à rede pelas técnicas de ajustamento utilizadas anteriormente, pela recuperação dos trechos da RGB por motivos de destruição, e pela possibilidade de refinar a materialização do SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), com a disponibilidade e introdução de controle externo à rede, principalmente através do emprego de satélites artificiais com fins de posicionamento (OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2010).

Em 1996 foi concluído pelo IBGE o reajustamento da rede Geodésica brasileira, utilizando-se das novas técnicas de posicionamento por satélite GPS. As realizações do SAD69 não sofreram nenhuma diferenciação em termos de nomenclatura, permanecendo a nomenclatura SAD69. Mas na prática esta realização é conhecida por SAD69/96, relacionado ao ano de 1996 que foi terminado o ajustamento (OLIVEIRA e NOGUEIRA, 2010).

Ao final do projeto foi efetuado o ajustamento simultâneo global da rede clássica com a rede nacional GPS e estações Doppler.

O reajustamento concluído em 1996 combinou duas estruturas estabelecidas independentemente por diferentes técnicas. Naquela época havia 187 estações

oficiais GPS no Brasil, sendo que a ligação entre elas foi feita por 49 estações da rede clássica rastreadas por satélites. A rede GPS (por ser uma estrutura com precisão superior) tem por função controlar a rede clássica. Foram ajustadas 4939 estações da Rede Planimétrica Brasileira (IBGE 1996).

O sistema geodésico de referência SAD69/96 utiliza o mesmo elipsoide do SAD69 clássico, o UGGI 1967. Com o objetivo de preservar a definição do Sistema Geodésico Brasileiro (referido ao SAD-69), o azimuth Chuá-Uberaba foi considerado fixo e a ele nenhum parâmetro auxiliar foi atribuído. Da mesma forma, foram mantidas as coordenadas, componentes do desvio da vertical e ondulação geoidal do vértice Chuá (IBGE, 1996).³⁸

A definição dos métodos e parâmetros de conversão do SAD 69/96 para WGS84 serão vistos a seguir.

6.3.1. Conversão de SAD69/96 para WGS84

A resolução do IBGE N° 22 de 21/07/83 estabeleceu para o sistema Geodésico Brasileiro, as fórmulas oficiais de transformação entre os Sistemas Geodésicos no Brasil e os respectivos parâmetros de transformação. Como modelo matemático de transformação, obedecendo às precisões necessárias, podem ser utilizadas as equações diferenciais simplificadas de Molodensky. Este método utiliza 5 parâmetros (3 parâmetros de translação e as diferenças entre os semi-eixos maior e achatamento dos dois sistemas).

Como método de transformação mais rigoroso, pode ser aplicada a fórmula dos Três Parâmetros, que é também o método de transformação oficial, definido na Resolução do IBGE N° 23, de 21 de fevereiro de 1989 que altera o apêndice II da R.PR-22/83 N° 22 de 21/07/83

Esse modelo matemático consiste na aplicação dos três parâmetros de translação nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência de origem. As coordenadas são inicialmente convertidas para cartesianas tridimensionais (X,Y,Z),

³⁸ Para a transformação de SAD69/96 para outros sistemas de referência geodésicos para o Brasil recomenda-se a leitura do "Guia do Usuário do software ProGrid" desenvolvido pelo IBGE e disponível no site da instituição e o artigo "Mudança de referência geodésicos utilizando grades de transformação integradas em programas computacionais SIG." de Brito et al. (2013).

às quais são aplicados os parâmetros (translação e eventualmente rotação) e depois são convertidas novamente para coordenadas geodésicas (longitude e latitude geodésicas e altura h)³⁹.

No SIG ArcGis e no QGis existe o modelo de Três Parâmetros e a possibilidade de definição dos parâmetros de translação. Este foi o método utilizado na presente pesquisa.

Uma questão relevante em relação ao SAD69/96 é colocada por Oliveira et al, (1998) considerando a legislação para transformação de sistemas de referência geodésicos.

“O IBGE, como órgão normatizador e mantenedor do SGB, tem a atribuição de determinar, publicar e disseminar os parâmetros de transformação e metodologia a ser empregada para transformar os sistemas geodésicos em uso no Brasil. [...] No entanto, desde que divulgada à realização SAD 69/96, nada foi apresentado oficialmente que permitisse a conversão entre as coordenadas das realizações do sistema SAD 69 no Brasil. Em virtude do imenso acervo existente, tanto de coordenadas quanto de produtos da realização SAD 69, torna-se importante a definição de uma metodologia oficial. Pesquisas já foram realizadas no sentido de estudar o problema da transformação SAD 69 / SAD 69/96; podendo contribuir para que uma decisão seja tomada” [OLIVEIRA, 1998].

Se por um lado não foi encontrada nas pesquisas uma legislação definindo os parâmetros e/ou modelos de transformação para o SAD69/96, por outro lado é disponibilizado pelo IBGE o programa ProGriD, para transformação de coordenadas entre os vários sistemas de referências adotados no Brasil, o que soluciona o problema do ponto de vista prático e ainda fornece informações relevantes em seu manual e no seu *site* para definir os corretos parâmetros de conversão entre os sistemas de referência.

No guia do usuário do ProGriD (IBGE, 2009) é mostrada a metodologia de transformação adotado pelo sistema:

“[...] Em geral, dois sistemas de referência geodésicos se relacionam através de parâmetros de transformação constantes para qualquer área coberta por estes sistemas de referência. O que esta transformação não consegue transformar torna-se um resíduo, representando as distorções da rede.

O ProGriD modela estes resíduos (ou seja, a própria distorção da rede), possibilitando um resultado final mais preciso.

O ProGriD se vale de arquivos contendo uma grade de valores em latitude e longitude que permite a direta transformação entre Córrego Alegre, SAD 69

³⁹ A formulação completa pode ser vista na Resolução IBGE N° 22/83.

e SIRGAS2000 (incluindo a modelagem dos resíduos mencionada anteriormente). Esta grade segue o formato NTV2, formato esse utilizado em outros países, originalmente o Canadá (onde o NTV2 foi desenvolvido), e mais recentemente na Austrália e Estados Unidos. A escolha da grade NTV2 se deve ao fato de que muitos dos programas computacionais de GIS ou GPS terem capacidade para ler este formato. Deste modo, espera-se que estes programas possam passar a utilizar as mesmas grades de transformação utilizadas no ProGriD.

[...] A materialização de 1996 do SAD 69, incluindo apenas a rede clássica é chamada no ProGriD de SAD69/96 Rede Clássica.

Deve ser ressaltado que os pontos determinados por técnicas espaciais no SAD 69 foram retirados das materializações do SAD 69 acima. Isto foi devido a dois fatores:

(a) estes pontos serem de natureza tri-dimensional;

(b) estes pontos terem um padrão de distorção muito menor que aqueles determinados pelas técnicas terrestres (triangulação e poligonação). Estes pontos foram agrupados no ProGriD como: SAD 69, Técnica Doppler ou GPS.

Deve ser ressaltado que os pontos pertencentes ao conjunto acima não constituem uma materialização distinta do SAD 69. Esta separação é apenas feita de modo a se permitir um tratamento numérico diferenciado destes pontos”.

Conforme o descrito acima, na utilização do ProGriD deve-se distinguir se o material cartográfico é referenciado ao SAD 69/96 através de um ponto da rede clássica (SAD 69/96 Rede Clássica) ou a um ponto levantado com GPS (SAD 69/96 Técnica Doppler ou GPS) pois o tratamento das distorções é totalmente diferente.

Uma questão extremamente relevante para o nosso estudo, em relação a parâmetros e metodologia de conversão, está explicitada no Guia do usuário do ProGriD (IBGE, 2009).

“[...] Deve ser ressaltado que para as transformações de coordenadas entre as opções "SAD69 Técnica Doppler ou GPS" e "SIRGAS2000" (e vice-versa), o ProGriD utiliza os parâmetros constantes na **Resolução do Presidente do IBGE nº 1, de 25/02/2005 (R.PR 01/05)**....

Estes parâmetros foram estimados adotando um conjunto de 63 estações geodésicas pertencentes à Rede GPS do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

Considerando que a Rede GPS do SGB têm um padrão de distorção muito menor que aqueles determinados pelos métodos clássicos (triangulação e poligonação), não existe a necessidade de modelar as distorções, já que elas são homogêneas e diminutas. [...]

Para o nosso estudo deve-se considerar que o MDC é referenciado a um ponto levantado por GPS (Pilar 1-USP da Rede Geodésica do Estado de São Paulo) definindo a categoria do ProGriD, “SAD 69/96 Técnica Doppler ou GPS”.

Conforme o Guia do Usuário do ProGriD (IBGE, 2009) os parâmetros que são utilizados no ProGriD para transformação de SAD69/96 (GPS ou Doppler) para

SIRGAS2000 são os definidos na Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005 (R.PR 01/05) sem a necessidade de cálculo de resíduos.

Como citado anteriormente, desde o estabelecimento do sistema GPS (Global Positioning System), o seu Sistema Geodésico de Referência (WGS84) passou por várias atualizações, com vistas a refinar sua realização. Em função destas atualizações, os parâmetros para transformação de SAD69 para SIRGAS2000 divulgados através da Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005 R.PR 01/05 que estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – (SIRGAS), são válidos para realizar transformação de coordenadas entre SAD69 para WGS84 e de SAD69 para SIRGAS2000 em observações GPS que foram realizadas após 1994⁴⁰.

Os valores constantes na Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005 para as transformações de SAD69 para o SIRGAS, e conforme citado no parágrafo anterior para WGS84⁴¹ são os seguintes:

- SAD 69 para SIRGAS2000 / WGS84

$$a1 = 6.378.160 \text{ m}$$

$$f1 = 1/298,25$$

$$a2 = 6.378.137 \text{ m}$$

$$f2 = 1/298,257222101$$

$$\Delta X = - 67,35 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 3,88 \text{ m}$$

$$\Delta Z = - 38,22 \text{ m}$$

- SIRGAS2000/ WGS84 para SAD 69

$$a1 = 6.378.137 \text{ m}$$

$$f1 = 1/298,257222101$$

$$a2 = 6.378.160 \text{ m}$$

$$f2 = 1/298,25$$

$$\Delta X = + 67,35 \text{ m}$$

$$\Delta Y = - 3,88 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 38,22 \text{ m}$$

⁴⁰ Fonte: Site do IBGE Disponível em

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrq/faq.shtm#15> . Acesso em 01/09/2013

⁴¹ WGS84(G730) e posteriores

Onde:

a_1, f_1 = parâmetros geométricos do elipsóide do sistema de origem

a_2, f_2 = parâmetros geométricos do elipsóide do sistema de destino

$(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ = parâmetros de transformação entre os sistemas

Os parâmetros de transformação SAD69 para WGS84 divulgados através da Resolução do IBGE nº 23, de 21/02/89 (R.PR 23/89), são válidos somente para realizar transformação de coordenadas entre SAD69 para WGS84 em observações de GPS que foram realizadas no período de 01/01/1987 à 01/01/1994⁴². Os parâmetros constante na resolução nº 23, de 21 de fevereiro de 1989 são vistos a seguir

Parâmetros de conversão do SAD 69 para o WGS84

$$\Delta X = - 66,87 \text{ m} \pm 0,43 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 4,37 \text{ m} \pm 0,44 \text{ m}$$

$$\Delta Z = - 38,52 \text{ m} \pm 0,40 \text{ m}$$

Considerando o que foi explanado nos parágrafos anteriores, como o MDC foi realizado após dezembro de 2012⁴³ e referenciado a um ponto levantado por GPS (Pilar 1-USP da Rede Geodésica do Estado de São Paulo), os parâmetros de conversão do seu sistema geodésico de referência SAD/96 para o sistema geodésico de referência WGS84 utilizados pelo Google Maps, Bing Maps e ESRI, são os constantes na Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005.

⁴² Fonte: IBGE - <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm#15>

⁴³ A data da entrega das propostas para a concorrência era 19/12/2002.

7. METODOLOGIA

Para desenvolvimento da parte prática da presente pesquisa, primeiramente foi efetuado um levantamento bibliográfico cujos resultados foram apresentados nos capítulos anteriores.

A partir deste levantamento bibliográfico foi proposta uma metodologia inicial que no decorrer dos trabalhos práticos foi sendo aprimorada.

A metodologia final utilizada na parte pratica do estudo é mostrada na Figura 7.1. e detalhada a seguir.

Figura 7.1 - Esta figura mostra a metodologia utilizada na parte prática do estudo.

Fonte: O autor

7.1. ESTRUTURAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

A infraestrutura criada para o desenvolvimento do estudo constitui-se principalmente de: equipamento e rede com capacidade para manipulação das três bases simultaneamente (Google, Bing e Esri); do SIG ArcGis (ArcMap) e o seu *plugin*

Arc2Earth, SIG QGis e sua extensão Open Layer , SIG Mapinfo e os softwares Excel e MINITAB para o cálculos estatísticos.

No desenho e estruturação do projeto foram consideradas as seguintes principais premissas:

- Desenvolver a análise da acurácia das quatro bases no interior do SiG (MDC, Goggle Maps, Bing Maps e Esri) sendo que cada base é inserida como um nível de informação (*layer*) no SIG. O motivo para desenvolver o estudo com as bases no interior do SIG é justamente executar a análise posicional considerando qualquer possível alteração que a inserção das bases possam ter acarretado no processo. Relembrando que, é um dos princípios deste estudo é a análise da acurácia simulando a utilização destes produtos cartográficos como bases de referência para projetos em SIG.
- Trabalhar com um único sistema de projeção e sistema de referência geodésico no SIG para minimizar deslocamentos entre *layers*.
- A modelagem do banco de dados espacial considerando a correta definição das tabelas e relações topológicas para minimizar operações manuais e erros que possam advir destas operações. Por exemplo: o limite da área do Google Maps de ortofotos foi definido em formato polígono respeitando a exata fronteira entre os diferentes produtos de modo a executar a seleção espacial dos pontos de controle que pertencem a esta região com resultados confiáveis.

Outro exemplo: O relacionamento entre a tabela do MDC e as tabelas dos pontos homólogos extraídos do Bing Maps, Google Maps e da Esri se deu espacialmente através de um *buffer* de 10 metros criado no entorno dos pontos extraídos do MDC. Através destes *buffers* foram transferidos espacialmente os dados dos pontos de controle para os respectivos pontos homólogos nas três bases, de modo a garantir que o cálculo da discrepância fosse sempre efetuado com o ponto homólogo correto.

7.2. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é cerca de 86% do Município de São Paulo correspondendo a 1.310 km², na escala 1:1.000

A exclusão de 14% do município se deu justamente por desconhecer a acurácia das bases a serem analisadas, optando-se assim, somente pela área do município de São Paulo recoberto com a base de referência na escala 1:1000. Esta opção foi feita para garantir que as bases Google, Bing e Esri estarão sendo comparadas com uma base cartográfica de referência três vezes mais acurada. O MDC, na escala 1:5.000 tem uma acurácia esperada em torno de 5 vezes pior que a da escala 1:1.000 o que poderia comprometer o estudo.

A área objeto deste estudo pode ser vista na Figura 7.2 delimitada em amarelo.

Figura 7.2 – Área de Estudo. Em laranja o limite do Município de São Paulo e em amarelo, a área objeto deste estudo, delimitada pela área de cobertura das cartas MDC na escala 1:1.000.

Fonte o autor

7.3. DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM DE CONTROLE

Segundo Rocha (2002) a distribuição das amostras deve seguir um padrão de uniformidade para garantir a abrangência da área a ser avaliada.

Segundo o mesmo autor, para garantir uma melhor representação das amostras pode-se optar por dividir a população em subgrupos de estratos com uma homogeneidade interna maior do que a da população, e sobre os diversos estratos da população, realizar seleções de amostras aleatórias de forma independente.

Este processo de amostragem é também colocado por Nero (2005). Segundo este autor, dependendo das necessidades, a amostragem pode ser dirigida, isto é, a região mapeada é dividida em áreas homogêneas quanto ao grau de criticidade para que a localização dos pontos de controle possa ser orientada.

Considerando o afirmado por Nero 2005 e Rocha (2002), para o Google Maps, a amostragem considera a separação das áreas recobertas com ortofotos das áreas recobertas com imagens de satélite em função da provável diferença de acurácia, escala de visualização e de utilizações destes dois tipos de produto.

Neste estudo foram definidas duas amostragens: uma inicial com menor número de pontos objetivando o reconhecimento das características espaciais das três bases e para subsidiar a definição da amostragem final; e a amostragem definitiva, voltada à análise posicional das bases

7.3.1. Definição da Amostragem de Controle Preliminar

Para a amostragem inicial definiu-se uma distribuição espacial de pontos de controle que abrangesse toda a área de estudo Para garantir uma amostragem aleatória com recobrimento homogêneo para todo o município, construiu se um GRID de 4km por 4km e elegeram-se 72 cartas que espacialmente se localizavam mais próximas do centróide dos polígonos.

Na Figura 7.3 podem-se visualizar as 72 cartas selecionadas.

Figura 7.3 - Neste mapa é visualizado o limite da área de estudo, o grid de 4km por 4 km, e as cartas selecionadas (em vermelho) para a amostragem inicial.

Fonte: O autor

Em cada uma destas 72 cartas foi escolhido 1 ponto que atendesse aos seguintes requisitos:

- O ponto deverá ser visível e facilmente identificável no MDC e nas três bases.
- Deverá ser o mais próximo da superfície do solo para evitar as distorções decorrentes da inclinação das feições nas ortofotos e imagens de satélite
- O ponto escolhido no MDC deverá ser o ponto que será utilizado como a referência para análise posicional das três bases.

Optou-se pela utilização do mesmo ponto do MDC para garantir que o ponto utilizado como referência tivesse as mesmas características técnicas na análise posicional para as três bases. (mesma acurácia original e mesma altura em relação à superfície.).

Esta condição “c” junto com a condição “b” restringiu a quantidade de pontos candidatos a serem “pontos de controle” para a análise posicional. Muitas vezes feições candidatas na superfície não podiam ser utilizadas como ponto de controle, por estarem ocultas em uma das bases por edificações altas, que eram mostradas inclinadas em uma das bases devido a distância do nadir da imagem. Exemplo deste tipo de ocultamento de feição pode ser visto na Figura 7.4.

Figura 7.4 - Feição na superfície (piscinas) sendo visível em uma base e oculta em outra pela inclinação de uma feição mais alta. A imagem a direita é da base da Google Maps e a esquerda é do Bing Maps.

Fonte: Adaptado pelo autor a partir das imagens do Google Maps e Bing Maps

A questão temporal também restringiu os pontos candidatos, pois uma feição que era vista em uma das bases poderia não mais existir em outra. (Figura 7.5).

Figura 7.5 - Feição com vários pontos que poderiam ser usados como referência existente na base da ESRI (à direita) e não mais existente na base do Bing Maps (à esquerda) devido a épocas diferentes de imageamento.

Fonte: Base Esri e Bing Maps

Na escolha dos pontos de controle, optou-se principalmente por piscinas ou encontro de muros por serem feições com cantos bem definidos e próximos à superfície do solo (Figura 7.6)

Na tabela 7.1 pode ser observada a tabulação das feições escolhidas para a análise posicional que atendesse às três condições (amostragem inicial).

Na tabela 7.1 Tabulação das feições escolhidas para a análise posicional que atendesse às três condições (amostragem preliminar).

Feição	Qte. de Pontos	Porcentagem
Canto de Piscina	30	41,7
Encontro de Muros	26	36,1
Canto de Calçada	4	5,6
Canto de Canteiro de Ruas e Estradas	6	8,3
Canto de Bueiro	1	1,4
Canto de Campo de Futebol	1	1,4
Canto de Edifício	1	1,4
Canto de Passarela	1	1,4
Canto de Pista de Aeroporto	1	1,4
Canto de Prédio	1	1,4
Total	72	100,0

Fonte: O autor

Figura 7.6 - Exemplo de borda de piscina utilizado como referência para controle de acurácia posicional. Em formato vetorial azul a piscina no MDC. Imagem original em 1:800. Nestas figuras pode-se também verificar as diferenças de resolução e qualidade entre os vários produtos. O Google para esta área era derivado de ortofotos (Google Maps acima, Bing Maps no meio e Esri abaixo)

Fonte: O autor

Nesta primeira amostragem de 72 pontos notou-se no decorrer da coleta dos pontos homólogos nas bases do Google, Bing e Esri:

- Em função dos requisitos adotados (ponto visível e facilmente identificável no MDC e nas três bases ser o mais próximo da superfície do solo e ser único para as 3 bases), normalmente não existia mais de um ponto candidato por folha do MDC, sendo que por várias vezes, foi necessário trocar a folha, pois não existia nenhum candidato que atendesse aos três requisitos (foi trocada por uma folha vizinha).
- Existiam na Base do Google Maps no MSP áreas que eram recobertas por ortofotos que visivelmente possuíam características diferenciadas (melhor resolução) em relação as áreas recobertas por imagens de satélite.

Estas duas questões definiram os parâmetros para a amostragem final:

- A população total de possíveis pontos de controle neste estudo é aproximadamente igual ao número de cartas do MDC na escala 1:1.000 que corresponde a 3829 folhas.
- A distribuição da amostragem também deveria considerar as diferenças entre as áreas recobertas com ortofotos e as áreas recobertas com imagens de satélite.

Com estas duas definições foi possível o cálculo da amostragem e a distribuição final dos pontos de controle que serão explicitados a seguir.

7.3.2. Definição da Amostragem Final de Controle

Neste estudo foi utilizada para a definição do número de pontos de amostragem para a análise da acurácia, a metodologia proposta na norma ISO 2859-1 *Sampling Procedures for Inspection by Attributes* (Procedimentos de Amostragem para Inspeção por Atributos) de 1999.

A opção pelo uso da metodologia proposta por esta norma foi adotada, tendo em vista:

- A utilização da norma ISO 2859-1 para definição do número de amostras de controle, foi indicada pela norma ISO 19114 – *Geographic information – Quality evaluation procedures* (Informação Geográfica - Procedimento de Avaliação da Qualidade). A ISO 19114 estabelece um conjunto de procedimentos para a determinação e avaliação da qualidade de dados geográficos digitais. Ela é aplicável a todos os tipos de dados geográficos digitais e faz parte da família ISO 19.000 (ISO, 2003)
- A metodologia de amostragem utilizada por Nero (2005) em sua tese de doutorado é baseada na norma ISO 2859-1
- A norma ISO 2859-1 é baseada na norma militar americana de controle de qualidade MIL-STD-105E de 1989.

Para este estudo serão utilizadas algumas premissas para a definição da amostragem:

- O Bing Maps e a Base da Esri para o Município de São Paulo foram considerados como um mosaico de imagens contínuo e homogêneo para todo o Município de São Paulo.
- Para o Google Maps foi analisada a área do município de São Paulo considerando duas situações distintas:
 - O Google Maps para o Município de São Paulo foi considerado como um mosaico de imagens de satélite e ortofotos contínuo e homogêneo para todo o Município de São Paulo.

- A base do Google Maps para o Município de São Paulo é recoberta por dois produtos cartográficos com características muito diferentes: Mosaico de imagens de satélite e mosaico de ortofotos. Em função destas diferenças os produtos foram analisados separadamente, mas cada um dos produtos isolado, foi considerado homogêneo.

Foram encontrados outros estudos de acurácia de mosaicos onde estes são considerados homogêneos para a escala de análise. Foi assim considerado para a análise da acurácia do Geocover nos estudos de Smith (2004) ou mesmo para o Google Earth no estudo de Potere.(2008)

Para determinar o número de amostras, primeiramente deve-se definir o tamanho da população (N), estimando-se o número de pontos notáveis existentes no mapeamento e possíveis de serem analisados (NERO 2005).

Conforme explicitado no item 7.3.1 deste estudo, o número de pontos possíveis de serem analisados é igual ao número de cartas 1: 1.000 que recobre a área de estudo, ou seja, a população total de pontos é igual ao número de cartas.

Para os produtos cartográficos Bing Maps Esri e Google Maps (Imagem junto com ortofoto)⁴⁴ o número de cartas e consequentemente de pontos da população será 3829.

Para o Google Maps para a área recoberta de imagens de satélite, o número de cartas/ pontos da população é de 2830.

Para o Google Maps para as áreas recobertas com ortofotos o número de cartas/pontos da população é de 999. Sendo que, a soma das parciais resulta no total de 3829 pontos

A ISO 2859-1 define três níveis de inspeção, I, II e III, e segundo esta, salvo disposição em contrário, deverá utilizado nível II correspondente a uma inspeção normal. Nível I pode ser utilizado quando menos discriminação é necessária na avaliação da amostra e o nível III quando maior discriminação é necessária. A norma ainda fornece quatro níveis especiais adicionais, S-1, S-2, S-3 e S-4 e podem ser

⁴⁴ Para diferenciar os três produtos Google Maps, neste estudo, chamaremos de Google Maps Geral, Google Maps Orto e Google Maps Imagem respectivamente o mosaico de imagens e ortofotos, o mosaico só de ortofotos e o mosaico de só de imagens de satélite.

usados quando são necessárias amostras relativamente pequenas e maiores riscos de amostragem podem ser tolerados. A Inspeção normal (nível II) é usada quando não há nenhuma razão para suspeitar que a média do processo não difere de um nível aceitável (ISO, 1999).

Uma vez definida a população (N), a definição do número de amostras na ISO 2859-1 é feita por meio das tabelas reproduzidas no anexo 1.

Para Google Maps Geral, Big Maps e Base da Esri:

- População: 3829
- Inspeção normal nível II

Na tabela 1 (*Table 1*), para o nível II e população de 3829 pontos encontra-se a letra L que corresponde na tabela 2.A (*table 2.a*) à quantidade de 200 amostras.

Nota-se que, pela tabela 1 da ISO 2859-1, esse número de amostra seria o mesmo para uma população de até 10.000 pontos; o que absorve um possível erro de subestimar o número de candidatos por folha. Por exemplo, se fossem 3 candidatos por folha, a população ainda seria inferior a 10.000 e a amostra ainda seria de 200 pontos.

Para a área do Google Maps recoberta com Ortofotos, considerando que esta área é recoberta com 869 folhas 1:1000 tem-se:

- População: 869
- Inspeção normal: Nível II – Letra J
- Número de amostras = 80

Para a área do Google recoberta com Imagens de satélite, considerando que esta área é recoberta com 2960 folhas 1:1000:

- População: 2960
- Inspeção normal: Nível II – Letra K
- Número de amostras = 125

Para a amostragem final, foram então definidos 242 pontos distribuídos homogeneamente na área de estudo com uma leve concentração na área mais central, de modo a garantir um mínimo de 80 pontos na área recoberta por ortofotos.

Para garantir esta distribuição espacial da amostra, foi construído um grid de 2,5 km por 2,5 km e foram alocadas as amostras aleatoriamente de modo que existisse pelo menos um ponto para cada quadrado do grid (podendo existir mais de um). Não se optou novamente pelo centroide, para poder aproveitar os pontos anteriormente utilizados na primeira amostragem. Na Figura 7.7 pode ser vista a distribuição dos 242 pontos na área de estudo do MSP.

Figura 7.7 - Distribuição dos 242 pontos na área de estudo do MSP.

Fonte: O autor

7.4. OBTENÇÃO DAS CARTAS DE REFERÊNCIA (MDC) E INSERÇÃO NO SIG

As 242 folhas do MDC foram obtidas do site da Prefeitura Municipal de São Paulo⁴⁵. Na época do desenvolvimento deste estudo, por não existir a possibilidade de efetuar o download em lote, esse processo foi feito folha a folha.

Após a definição das folhas a serem obtidas (vide item sobre amostragem e distribuição das amostras), estas eram marcadas no arquivo digital do grid 1:1.000. A partir deste grid, construiu-se um índice espacial semelhante ao do site da prefeitura (no SIG) de modo a agilizar visualmente a localização e a obtenção de cada folha no site. Após a obtenção das folhas foi executado o controle de qualidade espacial para verificar se foram “baixadas” as folhas corretas. As folhas foram obtidas no formato original .dxf.

As folhas obtidas em formato .dxf foram inseridas no SIG (ArcGis) e a camada de linhas destes arquivos eram separadas e exportadas em lote para o formato Shape.

7.5. HOMOGENEIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REFERÊNCIAS GEODÉSICOS E DE PROJEÇÃO PARA O ESTUDO

Como visto no capítulo 6, as bases Bing, Google e Esri utilizam o sistema de referência WGS84 e sistema de projeção *Web Mercator Auxiliary Sphere* e a base de referência MDC, o sistema SAD69/96 e sistema de projeção UTM.

Optou-se neste estudo por reprojetar as cartas do MDC e desenvolver o estudo utilizando o sistema de referência e projeção das bases Bing, Google e Esri visando diminuir as possibilidades de distorção. Para esta decisão foi considerado que:

- No ArcGis, a transformação do sistema de projeção e principalmente do sistema de referência geodésico dos vetores do MDC pode ser totalmente manual e controlável.
- A transformação no ArcGis das bases raster da Web ocorre automaticamente quando esta é inserida em uma janela de mapa com outro sistema de referência geodésico, sendo que este processo automatizado pode levar a

⁴⁵ MDC: http://www3.prefeitura.sp.gov.br/DU0107_MDC/paginaspublicas/index.aspx . Acesso em outubro e novembro 2013

distorções espaciais devido a falhas do operador. Na Figura 7.8 é visto um exemplo de distorção quando da transformação automatizada de sistemas de referência no ArcGis utilizando parâmetros errôneos.

Figura 7.8 - Deslocamento das feições da Bing Maps em relação ao MDC devido a utilização de parâmetros de conversão de sistemas de referência errôneos no processo de conversão automático

Fonte: O autor

7.5.1. Conversão do Sistema de Referência e de Projeção das Cartas do MDC

As cartas do MDC, na importação dos arquivos .dxf (obtidos no site da prefeitura) para o ArcGis e na posterior transformação para o formato Shape (.shp), perdia-se a definição do sistema de projeção e de referência geodésico.

Para solucionar esta questão, no arquivo Shapes de cada folha, foi reinserido o sistema de projeção e de referência geodésico originais (UTM SAD69/96).

Para a conversão de SAD69/96 para WGS84, como o MDC é referenciado a um ponto levantado por GPS (Pilar 1-USP da Rede Geodésica do Estado de São Paulo) e considerando que os dados foram coletados pós 1994 - foi utilizado o modelo de

Três Parâmetros existente no SIG ArcGis e os parâmetros constantes na Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005:

$$\Delta X = - 67,35 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 3,88 \text{ m}$$

$$\Delta Z = - 38,22 \text{ m}$$

Para a conversão do sistema de referência geodésico utilizando o ArcGis, primeiramente foi necessário criar uma “transformação customizada” (*Custom Geographic Transformation*) visto que não existia até a versão 10.2 deste software uma transformação de SAD69/96 para WGS84 com os parâmetros corretos⁴⁶ utilizando o modelo de Três Parâmetros.

Uma vez criada a “transformação customizada”, todas as cartas foram reprojetadas em lote do sistema UTM SAD69/96 para o sistema Web Mercator Auxiliary Sphere em WGS1984 utilizando a rotina *Batch* da função *Project*.

Vale lembrar que, apesar de não se adotar nesse estudo o sistema de referência geodésico oficial do Brasil, na prática, o sistema WGS84 atualmente coincide com o sistema oficial brasileiro SIRGAS2000.

7.6. DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E COLETA DOS PONTOS HOMÓLOGOS

Como apontado anteriormente, para a análise posicional, optou-se pela comparação de pontos identificáveis simultaneamente nas bases do Google, Bing e Esri, com os mesmos pontos identificáveis na base de referência - MDC (Figura 7.9).

Foram coletados no total 242 pontos (sendo que 72 já haviam sido coletados na amostragem inicial) que atenderam aos mesmos requisitos inicialmente definidos:

- a) O mesmo ponto do MDC é utilizado como referência para análise nas três bases.
- b) O ponto é visível e facilmente identificável no MDC e nas três bases.
- c) O ponto é o mais próximo da superfície do solo para evitar distorções decorrentes do deslocamento nadiral nas ortofotos e imagens

⁴⁶ Existe no Arcgis, já pré definido, os parâmetros de acordo com a resolução de 2005 para a transformação de SAD69 para o SIRGAS2000. Parâmetros *SAD_1969_To_SIRGAS_2000_1*

Na tabela 7.2 pode ser vista a tabulação total para os 242 pontos dos tipos de feições escolhidas como referência para o controle posicional. Como se pode ver, há uma predominância de pontos de entroncamento de muros seguido de cantos de piscinas.

Figura 7.9 – Carta do MDC com exemplo de pontos homólogos coletados (ponto n° 121). Em vermelho o ponto coletado no MDC (base de referência), em verde o ponto coletado no Google, em lilás no Bing e em azul na base da Esri. As linhas em azul correspondem aos limites de piscinas do MDC.

Fonte: O autor

Tabela 7.2 - Tabulação dos tipos de feições dos pontos escolhidos para a análise posicional

Feição	Qte. de Pontos	Porcentagem
Canto de piscina	114	47,1
Cruzamento de muros	115	47,5
Canto do canteiro de rua /estrada	4	1,7
Cruzamento de cercas	2	0,8
Canto de bueiro	1	0,4
Canto de campo de futebol	1	0,4
Canto de casa	1	0,4
Canto de edifício	1	0,4
Canto de pista de aeroporto	1	0,4
Canto de quadra	1	0,4
Canto de telhado	1	0,4
Total	242	100,0

Fonte: O autor.

Para a coleta dos pontos para cada carta do MDC escolhida, foi inicialmente verificado onde existia uma feição que poderia ser identificada tanto nas bases de referência quanto nas outras três bases, sempre priorizando as feições mais próximas da superfície.

Uma vez identificada a feição, foi alocado um ponto na feição de referência do MDC, e nas feições homólogas no Bing Maps, Google Maps e Esri.

Para garantir o melhor posicionamento para a feição de referência, o MDC foi visualizado em uma escala 1:100 e então utilizou-se uma ferramenta de *snap* para alocar o ponto no canto pretendido.

Para o posicionamento dos pontos homólogos nas bases foco da análise posicional, foi escolhida a maior escala em que fosse possível visualizar adequadamente a feição.

Para o Bing Maps, Esri e o Google Maps (na região de imagens de satélite) o ponto era alocado visualizando as imagens na escala de 1:1.000 (1:600 quando a resolução da imagem permitia).

Para o Google Maps para a região recoberta com ortofotos, o ponto era alocado na escala 1:600.

Após a alocação dos 968 pontos estes foram novamente revisitados na tela do computador para assegurar que não houve erros do operador.

Para cada ponto foram então calculadas suas coordenadas utilizando as ferramentas do ArcGis.

Durante o processo de desenvolvimento desta dissertação houve a necessidade de coletar mais 20 pontos. Quando da coleta destes pontos, notou-se que as imagens de satélite do Google Maps tinham sido substituídas (atualizadas) e que seria necessário coletar novamente todos os pontos. Para esta nova coleta, observou-se que não era possível utilizar os mesmos pontos de referência do MDC anteriormente utilizados. Isto ocorreu devido ao fato que várias feições inicialmente utilizadas no controle posicional estavam agora recobertas por prédios inclinados nestas novas imagens. Houve uma necessidade de substituir em torno de 15 % dos pontos anteriormente utilizados como referência.

No cálculo das discrepâncias finais, para o Google Maps (para a área recoberta com imagens), devido à mudança nas imagens de satélite, foram coletadas novamente as coordenadas para todos os pontos, para as outras bases, foram coletadas as coordenadas para os novos pontos de referência e para os que foram substituídos.

7.7. CÁLCULO DOS RESÍDUOS (DISCREPÂNCIAS) PARA AS COORDENADAS NO EIXO ESTE E NO EIXO NORTE

Para a análise posicional foram desenvolvidos os seguintes procedimentos, já descritos com detalhes no capítulo 4:

Foram calculadas as discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada (ΔX_i) para cada ponto conforme a equação (7.1) considerando as coordenadas nos eixos N e E separadamente.

$$\Delta X_i = Xc_i - Xa_i \quad (7.1)$$

Onde Xc_i é a coordenada da base de referência (MDC) e Xa_i é a coordenada do ponto homólogo da base que está sendo analisada.

Na tabela 7.3 é visto um exemplo de alguns registros da tabela de discrepâncias para o Google Maps (geral) e na tabela 7.4 para o Bing Maps

Tabela 7.3 - Exemplo de alguns registros da tabela de discrepâncias para o Google Maps. Notar que as coordenadas estão no sistema de Projeção Web Mercator Auxiliary Sphere. A origem das coordenadas deste sistema são o IRM e o Equador, a unidade é o metro e existem coordenadas negativas.

ID Ref.	Coordenada Referência		Coordenada Google Maps		Diferença	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,21	-2690728,99	-5169580,11	-2690725,67	1,89	-3,33
2	-5184838,92	-2680861,71	-5184835,93	-2680862,80	-2,99	1,08
5	-5204864,88	-2680260,50	-5204863,61	-2680261,77	-1,27	1,26
6	-5210273,71	-2682536,91	-5210273,96	-2682532,30	0,25	-4,61
8	-5209895,31	-2684985,71	-5209892,46	-2684985,23	-2,85	-0,48
9	-5205158,07	-2684921,81	-5205157,98	-2684920,26	-0,09	-1,56
10	-5200920,02	-2684561,39	-5200917,00	-2684564,09	-3,01	2,71
11	-5196948,94	-2686313,59	-5196948,41	-2686314,83	-0,53	1,24
12	-5192407,85	-2686760,15	-5192406,85	-2686761,16	-0,99	1,01
13	-5187529,87	-2685398,67	-5187526,59	-2685402,64	-3,28	3,98
14	-5184007,64	-2684922,38	-5184011,71	-2684921,65	4,07	-0,74
15	-5163419,33	-2691252,50	-5163423,04	-2691254,49	3,70	1,98

Fonte: O autor

Tabela 7.4 - Exemplo de alguns registros da tabela de discrepâncias para o Bing Maps

ID Ref.	Coordenada Referência		Coordenada BING Maps		Diferença	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,21	-2690728,99	-5169578,63	-2690729,29	0,41	0,30
2	-5184838,92	-2680861,71	-5184841,82	-2680858,56	2,91	-3,15
5	-5204864,88	-2680260,50	-5204867,57	-2680257,32	2,70	-3,18
6	-5210273,71	-2682536,91	-5210279,38	-2682535,79	5,67	-1,12
8	-5209895,31	-2684985,71	-5209897,11	-2684986,97	1,79	1,26
9	-5205158,07	-2684921,81	-5205158,16	-2684919,57	0,09	-2,24
10	-5200920,02	-2684561,39	-5200921,33	-2684556,91	1,32	-4,48
11	-5196948,94	-2686313,59	-5196951,55	-2686310,36	2,61	-3,23
12	-5192407,85	-2686760,15	-5192410,29	-2686757,46	2,45	-2,69
13	-5187529,87	-2685398,67	-5187528,84	-2685398,86	-1,02	0,19
14	-5184007,64	-2684922,38	-5184007,54	-2684920,30	-0,10	-2,09
15	-5163419,33	-2691252,50	-5163421,32	-2691255,41	1,98	2,91

Fonte: O autor

7.7.1. Sumário estatísticos das discrepâncias para E e N

Utilizando-se o programa Microsoft Excel, foram calculados os sumários estatísticos das discrepâncias para os 5 casos (Google Maps Geral, Google Maps Orto, Google Maps Imagem, Bing Maps e Esri). A tabela 7.5 apresenta um exemplo do sumário estatístico (Google Maps Geral).

Tabela 7.5 – Exemplo de sumário estatístico das discrepâncias

<i>Estatística (Google maps Geral)</i>		
	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>
Média	-0,57	-0,32
Erro padrão	0,18	0,13
Desvio padrão	2,82	2,03
RMSE	2,87	2,05
Curtose	1,16	0,18
Assimetria	-0,83	-0,20
Intervalo	17,48	10,58
Mínimo	-10,81	-6,33
Máximo	6,67	4,25
Contagem	240	240

Fonte: O autor

A média das discrepâncias é calculada pela equação 7.2

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta X_i}{n} \quad (7.2)$$

Onde

ΔX_i = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

μ = média das discrepâncias numa determinada direção X (N, E)

n = número de pontos de controle.

O Desvio padrão amostral das discrepâncias é calculado pela equação 7.3 abaixo:

$$S_x = \sum_{i=1}^n \frac{\sqrt{(\Delta X_i - \mu)^2}}{n - 1} \quad (7.3)$$

Onde

S_x = Desvio padrão numa determinada direção X (N, E)

ΔX_i = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

μ = Média das discrepâncias numa determinada direção X (N, E)

n = Número de pontos de controle.

Para o cálculo do erro padrão utiliza-se a fórmula (7.4).

$$\varepsilon = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \dots (7.4)$$

Onde

S_x = Desvio padrão numa determinada direção X (N, E)

n = Número de pontos de controle

Para os cálculos de curtose o Excel utiliza a equação (7.5) e para a assimetria a equação (7.6), conforme documentação deste programa.

$$\left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{\Delta x_{i-\mu}}{s} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (7.5)$$

$$\left\{ \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{\Delta x_{i-\mu}}{s} \right)^3 \right\} \quad (7.6)$$

Onde

S = Desvio padrão da amostra em uma determinada direção X (N, E)

n = Número de pontos de controle

ΔX_i = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

μ = Média das discrepâncias numa determinada direção X (N, E)

Para cada conjunto de equações do cálculo de curtose e assimetria deve-se comparar os resultados com os parâmetros de análise propostos para a respectiva formulação.

Segundo a documentação do Excel para Curtose:

Se o coeficiente de curtose for igual à zero, então a distribuição de frequências será a própria distribuição normal.

Se o coeficiente de curtose for negativo, então a distribuição será achatada, plana. Denomina-se curva mesocúrtica

Se o coeficiente de curtose for positivo, a distribuição será concentrada ao redor da média, distribuição com pico. Denomina-se curva leptocúrtica

Segundo a documentação do Excel para Assimetria (ou inclinação):

Se o coeficiente de assimetria for igual à zero, a distribuição de frequências será simétrica.

Se o coeficiente de assimetria for negativo, a distribuição de frequências terá

inclinação esquerda ou negativa. A cauda da esquerda será mais alongada
 Se o coeficiente de assimetria for positivo, a distribuição de frequências terá inclinação direita ou positiva. A cauda da direita será mais alongada

Para o cálculo do RSME foi utilizada a equação 7.7

$$RMSE = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(Xc_i - Xa_i)^2}{n}} \quad (7.7)$$

Onde

RMSE = Raiz do erro médio quadrático

$Xc_i - Xa_i$ = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

n = Número de pontos de controle

7.8. ANÁLISE DOS ERROS GROSSEIROS

Foi efetuada a seleção dos possíveis erros grosseiros marcando todas as discrepâncias com valores menores que $(\mu - 3s)$ e maiores que $(\mu + 3s)$. Equação 7.8

$$(\mu - 3s) > (Xc_i - Xa_i) > (\mu + 3s) \quad (7.8)$$

Onde

$Xc_i - Xa_i$ = Discrepâncias entre as coordenadas da base de referência e a base a ser analisada para cada ponto na direção N e E

S = Desvio padrão da amostra em uma determinada direção X (N, E)

μ = Média das discrepâncias numa determinada direção X (N, E)

Os pontos marcados como possíveis erros grosseiros foram analisados cuidadosamente, classificados e então foram efetuadas as atividades corretivas conforme o quadro 7.1 abaixo.

Quadro 7.1 - Classificação do ponto com erro grosseiro e respectiva atividade corretiva

Classificação	Atividade Corretiva
a) Houve erro do operador na marcação do ponto	É corrigido o ponto e são recalculadas as discrepâncias
b) A feição escolhida não é adequada (local alto, local de difícil visualização, etc.)	O ponto é excluído. Caso necessário é substituído por outro
c) Há alguma suspeita de erro na restituição da feição da base de referência (MDC)	O ponto é excluído. Caso necessário é substituído por outro
d) O Ponto foi selecionado como erro grosseiro em mais de uma base	Analisa-se cuidadosamente, e se for constatado uma anomalia, o ponto é excluído.
e) Não existe suspeita de erro grosseiro	Conserva-se o ponto

. Fonte: O autor

No tratamento do erro grosseiro a análise dos pontos é efetuada para as coordenadas E e N separadamente para cada base

7.9. ANÁLISE POSICIONAL PELO DECRETO Nº 89.817

7.9.1. Análise posicional pelo Decreto nº 89.817 - Porcentagem do PEC

Primeiramente é executada a análise posicional pelo Decreto nº 89.817 considerando a comparação da porcentagem do número de discrepâncias em relação ao valor do PEC. Para tanto é utilizada a metodologia mostrada na Figura 7.10.

Figura 7.10 – Metodologia para análise posicional e classificação das bases considerando a comparação dos valores das discrepâncias com o PEC para a classe A do Decreto nº 89.817.

Fonte: O autor

Neste estudo procura-se definir um PEC limite de modo que o produto cartográfico para as coordenadas E e N separadamente atenda ao especificado no Decreto nº 89.817.

Pelo decreto pode-se ter no máximo 10% das suas discrepâncias ultrapassando o valor do PEC para a escala e a classe para o qual o produto cartográfico esta sendo testado.

Para definir este valor do PEC limite, compara-se o valor das discrepâncias com um valor variável de PEC até que, o número total das discrepâncias cujo valor ultrapasse este valor de PEC, seja o mais próximo de 10 % do total das amostras das discrepâncias.

Uma vez definido o valor do PEC_{limite} , para o cálculo do valor da escala, utiliza-se a equação 7.9:

$$Escala = PEC_{limite} / R \times 1000 \quad (7.9)$$

Onde:

R é razão entre PEC e a escala definido pelo Decreto nº 89.817 para cada classe. Sendo $R = 0,5$ para a Classe A, $0,8$ para a classe B e $1,0$ para a classe C

Neste estudo, para facilitar a comparação entre os diferentes produtos, as bases foram classificadas inicialmente somente para a Classe A do Decreto nº 89.817.

O valor de PEC limite e a respectiva escala são calculados separadamente para E e N.

Para a classificação do produto cartográfico em relação a escala, é escolhida a escala menos detalhada (menor escala) entre as definidas para a direção N e E. Exemplificando se a escala definida para E for 1:9.500 e para N for 1: 11.200, a escala do produto cartográfico será 1:11.200.

Foram utilizadas planilhas em Excel para os cálculos da definição do PEC_{limite} e sua respectiva escala.

7.9.2. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 - Dispersão da Amostra

É executada a análise posicional e classificação de cada produto cartográfico pelo Decreto nº 89.817 considerando a comparação do Erro-Padrão com o PEC utilizando a metodologia mostrada na Figura 7.11.

Para este estudo é utilizado como estimador da dispersão das discrepâncias o RMSE (raiz do erro médio quadrático) calculado pela equação (7.10) para as coordenadas E e N

$$RMSE_{Ex} = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(Xc_i - Xa_i)^2}{n}} \quad (7.10)$$

Optou-se pelo RMSE e não pelo desvio padrão pois este é usado por Santos (2010a)⁴⁷ e outros vários pesquisadores

Para definição do valor da escala para a coordenada E e N utiliza-se a equação 7.11:

$$Escala_{RMSE} \times 1,6449 / R \times 1000 \quad (7.11)$$

Onde:

R é razão entre PEC e a escala definido pelo Decreto nº 89.817 para cada classe. Sendo R = 0,5 para a Classe A, 0,8 para a classe B e 1,0 para a classe C.

Neste estudo para facilitar a comparação entre os diferentes produtos, as bases foram classificadas inicialmente somente para a Classe “A” do Decreto nº 89.817.

Para a Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 pela Dispersão da Amostra, a escala final do produto é a escala menos detalhada (menor escala) entre as definidas para a direção N e E.

⁴⁷ Santos (2010a) denomina EMQ, mas a equação é a mesma que do RMSE

Figura 7.11- Metodologia utilizada para classificação do produto cartográfico pela análise da dispersão da amostra para a classe A do Decreto nº 89.817.

Fonte: O autor

7.9.3. Classificação dos produtos cartográficos pelo Decreto nº 89.817

Para a classificação final do produto cartográfico é escolhida a menor escala entre a definida pela análise da porcentagem do PEC e pela análise da dispersão da amostra. Figura 7.12

Figura 7.12 - Definição da escala final do produto cartográfico pelo Decreto N° 89.817.

Fonte: O autor

Por se tratar de produtos digitais voltados a projetos em SIG, as bases foram classificadas com valores intermediários das escalas comumente utilizadas para produtos analógicos (1:20.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000, 1:1.000 etc.). Por exemplo, classificou-se a base do Bing Maps com a escala 1:10.800.

7.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

7.10.1. Teste de Precisão

O teste da precisão (teste do qui-quadrado) avalia para as discrepâncias no eixo N e E separadamente, se o documento atinge ou não determinada precisão de acordo com as seguintes hipóteses:

H_0 : S_x é estatisticamente igual (ou menor) que EP ;: O documento cartográfico atende à precisão desejada numa dada coordenada (N e E).

H_1 : S_x é estatisticamente maior que EP : O documento cartográfico não atende à precisão desejada numa dada coordenada (N e E).

Onde S_x é o desvio padrão das discrepâncias da amostra para as coordenadas N e E .

O teste de precisão utiliza a equação (7.12) para o cálculo do χ^2

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{n-1}{EP^2} \times s^2 \quad (7.12)$$

Nessa equação, EP corresponde ao erro-padrão esperado (EP para uma determinada escala e classe conforme o Decreto nº 89.817) para a coordenada E e N, n é o número de amostras e S é o desvio padrão amostral das discrepâncias da coordenada X.

O qui-quadrado $\chi^2_{(calculado)}$ é comparado com o valor limite, extraído de uma tabela estatística de valores de $\chi^2_{(n-1;\alpha)}$, para um determinado número de amostras (grau de liberdade) e nível de significância α .

- a) Se $\left| \chi^2_{(calculado)} \right| \leq \chi^2_{(n-1;\alpha)}$, o produto cartográfico possui a precisão compatível com o EP da escala testada
- b) Se $\left| \chi^2_{(calculado)} \right| > \chi^2_{(n-1;\alpha)}$, é recalculado $\chi^2_{(calculado)}$ com um novo EP de uma escala menor até que a condição “a)” seja verdadeira.

Como está sendo classificado um produto digital para projetos em SIGs, testou-se EPs de escalas intermediárias não convencionais para garantir um resultado mais apurado. Na tabela 7.6 são vistos os valores de EPs e escalas consideradas no teste de precisão. Esta tabela foi construída a partir das definições do Decreto nº 89.817 sempre considerando somente a classe “A”.

Tabela 7.6 - Valores de EPs e escalas consideradas no teste de precisão definidos a partir do Decreto nº 89.817 para a classe A.

Escala	PEC	EP	Escala	PEC	EP
1.000	0,50	0,30	11.000	5,50	3,34
1.500	0,75	0,46	11.500	5,75	3,50
2.000	1,00	0,61	12.000	6,00	3,65
2.500	1,25	0,76	12.500	6,25	3,80
3.000	1,50	0,91	13.000	6,50	3,95
3.500	1,75	1,06	13.500	6,75	4,10
4.000	2,00	1,22	14.000	7,00	4,26
4.500	2,25	1,37	14.500	7,25	4,41
5.000	2,50	1,52	15.000	7,50	4,56
5.500	2,75	1,67	15.500	7,75	4,71
6.000	3,00	1,82	16.000	8,00	4,86
6.500	3,25	1,98	16.500	8,25	5,02
7.000	3,50	2,13	17.000	8,50	5,17
7.500	3,75	2,28	17.500	8,75	5,32
8.000	4,00	2,43	18.000	9,00	5,47
8.500	4,25	2,58	18.500	9,25	5,62
9.000	4,50	2,74	19.000	9,50	5,78
9.500	4,75	2,89	19.500	9,75	5,93
10.000	5,00	3,04	20.000	10,00	6,08
10.500	5,25	3,19	20.500	10,25	6,23

Fonte: O autor

Como o teste do qui-quadrado não é acurado para distribuições não normais, (KASMIER, 1982) primeiramente efetua-se um teste de hipótese para verificar se a distribuição população da qual se construiu a amostra é normal.

Neste estudo esta sendo usado para a avaliação da normalidade da população de discrepâncias o teste de Kolmogorov-Smirnov no software MINITAB. Este teste foi igualmente utilizado por Santos (2010a).

No MINITAB é testada a hipótese de normalidade para um nível de significância de 5%. Neste nível de significância, se o valor de “p” for menor que 0,05 , rejeita-se a hipótese e conclui-se que a população da amostra não é normal.

O MINITAB sugere a utilização do método de Bonett para populações não normais e contínuas para testar se a variância (ou desvio padrão) da população é igual a um valor especificado .

No teste de Bonnet define-se no MINITAB as seguintes hipóteses:

H_0 : S_x é estatisticamente igual ao desvio padrão hipotético:

H_1 : S_x é estatisticamente maior ao desvio padrão hipotético

Onde:

S_x é o desvio padrão das discrepâncias da amostra para as coordenadas N e E e o desvio padrão hipotético é o EP que esta sendo testado (para a classe “A” de uma determinada escala conforme a tabela 7.5)

Para um nível de significância de 5 %, se no MINITAB o valor de P for menor que 0,05 rejeita-se a hipótese H_0 e prossegue-se o teste para EPs de escalas menores até que a hipótese H_0 possa ser aceita (valor de P maior que 0,05).

A escala final do produto cartográfico pelo teste de precisão será a menor escala entre as definidas para as coordenadas nos eixos E e N.

Essa premissa é adotada, pois vai ao encontro de uma utilização mais segura das bases. Por exemplo, se para o eixo Norte a escala encontrada for 1:12.000 (erro de 6 metros para a classe “A”) e para o eixo Este for 1:8.000 (erro de 4 metros para a Classe “A”), adotando-se a menor escala (1:12.000) estará sendo escolhida uma escala de menor acurácia (maior erro), impedindo assim, usos indevidos do produto onde a diferença no erro de 2 metros possa ser relevante.

O teste do qui-quadrado para as distribuições normais pode ser igualmente executado no MINITAB utilizando-se as mesmas hipóteses utilizadas para o método de Bonnet.

A metodologia para a definição da escala do produto cartográfico a partir do Teste de Precisão pode ser vista na Figura 7.13

Neste estudo, para facilitar a comparação entre os diferentes produtos, as bases foram classificadas inicialmente somente para a Classe A do Decreto nº 89.817.

Figura 7.13 - Metodologia para definição da escala do produto cartográfico a partir do Teste de precisão.

Fonte: O autor

7.10.2. Teste de Tendência

Para a detecção de erro sistemático (teste de tendência) em uma determinada coordenada faz-se a aplicação do teste de hipótese:

H_0 : se μ é estatisticamente igual à zero: não existe tendência numa determinada coordenada.

H_1 : se $\mu \neq 0$: existe tendência numa determinada coordenada.

Como neste estudo as amostras são maiores que 30, as hipóteses são analisadas pela Função Distribuição Normal Unidimensional “Z”, que é um valor tabelado em função do nível de confiança.

Z_x é calculado pela equação 7.13

$$Z_x = \frac{1}{EP} \times \mu \times \sqrt[2]{n} \quad (7.13)$$

Onde:

EP é o valor do EP definido pelo Decreto nº 89.817 para a escala determinada para o produto cartográfico pelo teste de precisão

Se $|Z_x| \leq Z_{(1-\alpha/2)}$ ⁴⁸, aceita-se H_0 : O documento cartográfico pode ser aceito como livre de efeito sistemático numa dada coordenada X qualquer.

Se $|Z_x| > Z_{(1-\alpha/2)}$, rejeita-se H_0 : Existe erro sistemático para o produto cartográfico em numa dada coordenada X com uma tendência igual ao da média das discrepâncias da coordenada X.

Existindo erro sistemático, ou seja, tendência, esta pode ser eliminada com uma simples translação na direção em que se constata tal ocorrência, o que corresponde a subtrair o valor da média de cada valor de discrepância (LIMA, 2013).

Considerando-se que para o teste de precisão está se efetuando um teste de média e o número de amostras é grande, baseado no teorema do limite central, o teste Z poderá ser aplicado mesmo que os testes de normalidade apontem para uma distribuição não normal.

A metodologia para o teste de tendência é vista na Figura 7.14.

⁴⁸ Nero 2005, e Lima 2013 consideram em seus estudos para o teste da tendência uma distribuição bicaudal com nível de significância igual a 10%. Merchant (1982) considera em seu texto original para o teste de tendência e precisão, uma distribuição monocaudal e um valor de significância de 5%. O valor de Z tabelado para os dois casos será igual.

Figura 7.14 - Metodologia para o teste de tendência.

Fonte: O autor

7.11. DEFINIÇÃO DA ESCALA FINAL DO PRODUTO CARTOGRÁFICO

A definição das escala finais do Google Maps, Bing Maps e da ESRI são feitas junto com a análise dos resultados no capítulo 8. Os critérios utilizados são igualmente descritos neste capítulo.

7.12. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA UTILIZANDO O RMSE E CE90

Apesar do enfoque principal deste estudo ser a análise da acurácia baseado no PEC, foram encontrados vários artigos internacionais utilizando o RMSE horizontal como estimador da acurácia para as bases do Bing Maps (UBUKAWA, 2013), Google Maps (BECEK, 2011), (MOHAMMED, 2013) e (POTERE, 2008) e para o mosaico de imagens Geocover. (SMITH, 2004).

Para que no futuro possa-se comparar o resultado deste estudo com outros semelhantes, será apresentado o cálculo do RMSE para as Bases do Bing, Google e ESRI.

A equação para o cálculo do RMSE horizontal⁴⁹ usada em Smith, (2004) ou na norma Geospatial Positioning Accuracy Standards da FGDC (1998b) é apresentada abaixo (7.14) :

$$RMSE_r = \sqrt{(RMSE_x)^2 + (RMSE_y)^2} \quad (7.14)$$

Também será calculado o CE90 utilizando as equações apresentadas na Geospatial Positioning Accuracy Standards da FGDC (1998b) visto que vários fornecedores de imagens de satélite utilizam este índice para representar a acurácia de seu produto, como por exemplo, a Digital Globe para as imagens QuickBird e Wordview⁵⁰. O CE90 (*circular error at the 90th percentile*) é equivalente ao CMAS(90) (Padrão de acurácia circular do mapeamento).

A equação que será utilizada para seu cálculo é a (7.15) :

$$CE90 \cong 2,1460 \cdot (RMSE_x + RMSE_y) / 2 \quad (7.15)$$

Esta equação aproximada de CE90 pode ser utilizada segundo a norma da FGDC (1998b) quando:

$$0,6 \leq RMSE_{min} / RMSE_{max} \leq 1$$

⁴⁹ Foram encontradas várias terminologias para o RMSE horizontal tais como $RMSE_{net}$, $RMSE_{xy}$, $RMSE_r$ ou somente RMSE. O $RMSE_r$ é chamado em alguns textos de RMSE horizontal radial

⁵⁰ A especificação da acurácia do QuickBird pode ser vista em http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/StandardImagery-DS-STAND_1-22-14.pdf e a A especificação da acurácia do Wordview em http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/WorldView_Geolocation_Accuracy.pdf

8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO

Neste capítulo, são mostrados, os resultados alcançados no estudo.

8.1. ANÁLISE DOS ERROS GROSSEIROS

Foi desenvolvida para os diversos produtos cartográficos a estatística inicial dos 242 pontos (tabela 8.1) para subsidiar a análise dos erros grosseiros.

Efetuuou-se então a seleção das discrepâncias candidatas a possuírem erros grosseiros marcando todas as discrepâncias com valores menores que $(\mu - 3s)$ e maiores que $(\mu + 3s)$.

Tabela - 8.1 - Estatística inicial das discrepâncias antes da análise do erro grosseiro.

Índice	Google Maps Geral		Google Maps Imagem		Google Maps Orto		Bing Maps		Esri	
	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>
Média (μ)	-0,63	-0,31	-1,12	-0,32	0,33	-0,28	1,48	-2,55	-1,47	1,03
Desvio padrão (σ)	2,88	2,03	3,35	2,45	1,20	0,73	1,77	2,09	1,78	2,18
$\mu + 3\sigma$	8,02	5,78	8,92	7,03	3,93	1,91	6,78	3,73	3,88	7,57
$\mu - 3\sigma$	-9,28	-6,39	-11,17	-7,67	-3,28	-2,48	-3,82	-8,83	-6,82	-5,51
Num. de pontos	242	242	159	159	82	82	242	242	242	242

Fonte: O autor

Os pontos candidatos foram então analisados, classificados de acordo com a tabela 7.4 mostrada no capítulo de metodologia e foram desenvolvidas as atividades corretivas.

No quadro 8.1 são mostrados os pontos selecionados neste estudo sua classificação e a atitude corretiva.

Quando o ponto é excluído de uma base, este é excluído de todo o estudo. Este procedimento é realizado de modo a manter os requisitos iniciais de que “um ponto utilizado para a análise posicional deverá ser o mesmo para todas as bases”.

Em função da retirada de 2 pontos (pontos nº 23 e nº 237), o número de pontos do estudo passou de 242 para 240 pontos. Na Figura 8.1 pode ser visto o detalhe do ponto 237

Quadro - 8.1 – Neste quadro são mostrados os pontos com suspeita de erros grosseiros, sua classificação e a atividade corretiva realizada.

Produto Cartográfico	Num. do Ponto	Classificação	Atividade Corretiva adotada	Observação
Google Maps Geral	23	c) Há alguma suspeita de erro na restituição da feição da base de referência (MDC). d) O ponto foi selecionado como erro grosseiro em mais de uma base.	O ponto foi excluído da amostra.	
	103	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
Bing Maps	97	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
ESRI	23	c) Há alguma suspeita de erro na restituição da feição da base de referência (MDC). d) O ponto foi selecionado como erro grosseiro em mais de uma base.	O ponto foi excluído da amostra.	
	89	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
	93	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
	162	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
Google Orto	79	a) Houve erro do operador na marcação do ponto.	Corrigido o ponto e recalculadas as discrepâncias.	
	65	e) Não existe suspeita de erro grosseiro.	Ponto revisado e assumido como correto.	
	237	b) A feição escolhida não é adequada (local alto, local de difícil visualização, etc.).	O ponto foi excluído da amostra.	A feição escolhida era muito distante da superfície.
Google Imagem				Nenhum ponto selecionado como candidato para a análise de erro grosseiro.

Fonte: O autor

Figura - 8.1 - Ponto 237. Este ponto foi detectado pelo tratamento do erro grosseiro. O ponto foi definido em um canto de telhado muito distante do solo e esta feição possui uma inclinação decorrente de sua distancia em relação ao nadir da foto. O ponto vermelho é o ponto do canto da cobertura no MDC. O ponto verde é o ponto análogo no Google Maps.

Fonte: O autor

8.2. SUMÁRIO ESTATÍSTICO

Na tabela 8.2 são apresentados o sumario estatístico dos cinco produtos cartográficos calculado com o Excel.

Nesta tabela podem-se visualizar os resultados comparativos entre os vários produtos (Google Maps Geral, Google Maps Imagem, Google Maps Orto, Bing Maps e base da Esri)

Tabela - 8.2 - Estatística das discrepâncias dos produtos cartográficos

Índice	Google Maps Geral		Google Maps Imagem		Google Maps Orto		Bing Maps		Esri	
	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>
Média	-0,57	-0,32	-1,07	-0,34	0,40	-0,29	1,47	-2,57	-1,45	1,04
Erro padrão da média	0,18	0,13	0,26	0,19	0,11	0,08	0,11	0,13	0,11	0,14
Desvio padrão	2,82	2,03	3,29	2,45	1,02	0,73	1,76	2,08	1,75	2,19
RMSE	2,87	2,05	3,45	2,46	1,09	0,78	2,29	3,31	2,27	2,41
Variância da amostra	7,96	4,12	10,84	5,99	1,04	0,54	3,10	4,34	3,08	4,79
Curtose	1,16	0,18	0,00	-0,76	3,02	8,58	0,27	-0,20	2,07	-0,16
Assimetria	-0,83	-0,20	-0,38	-0,15	-0,48	0,01	-0,13	0,23	-0,21	0,36
Intervalo	17,48	10,58	17,48	10,58	6,59	6,56	10,72	12,08	13,78	11,26
Valor Mínimo	-10,81	-6,33	-10,81	-6,33	-3,18	-3,51	-3,60	-8,39	-7,79	-4,26
Valor Máximo	6,67	4,25	6,67	4,25	3,41	3,04	7,12	3,70	5,99	7,00
Num. de pontos	240	240	158	158	81	81	240	240	240	240

Fonte: O autor.

Pode-se analisar, através dos valores da Tabela 8.2, o parágrafo 4 do Decreto nº 89.817 “[...] § 4º - Para efeito das presentes Instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro-Padrão, Desvio-Padrão e Erro-Médio-Quadrático”:

- Pode ser verificada na tabela a proximidade entre os valores do desvio padrão e do RMSE (ou da $\sqrt{EQM}$). Quanto mais a média se aproxima de zero menor é a diferença entre os dois valores. Isto é devido ao valor da média ser igual ao valor da tendência, e na definição do RMSE esta incluso justamente o valor da tendência.

- Por definição, erro padrão e o desvio padrão de um mesmo estimador são sinônimos conforme é afirmado no § 4º. Na tabela é apresentado o erro padrão da média das discrepâncias, portando seu valor não é igual ao desvio padrão da amostra das discrepâncias. Como é bastante comum a utilização do erro padrão da média, pode gerar algumas interpretações errôneas.

8.3. HISTOGRAMA DAS DISCREPÂNCIAS

Os histogramas das discrepâncias foram desenvolvidos utilizando o software MINITAB. Estes podem ser vistos nas Figuras 8.2, 8.3, 8.4, 8.5 e 8.6 a seguir. Apesar de possuírem uma distribuição próxima a normal, nem sempre a população correspondente é normal como pode ser observado pelos resultados dos testes de normalidade no Item 8.5.

Pode-se analisar os histogramas com auxílio dos valores de curtose e assimetria. Por exemplo, para o Google Maps Geral:

Os valores de curtose positivos para N e E demonstram uma concentração de valores próximos à média com um pico nesta região (Curva Leptocúrtica) como pode ser visto na Figura 8.2.

Os valores de assimetria negativa demonstram que os histogramas possuem uma cauda maior a esquerda, como pode ser observado na Figura 8.2.

Figura - 8.2 - Histograma das discrepâncias para o Google Maps Geral

Fonte: O autor.

Figura - 8.3 - Histograma das discrepâncias para o Google Maps Imagem de Satélite

Fonte: O autor.

Figura - 8.4 - Histograma das discrepâncias para o Google Maps Orto

Fonte: O autor.

Figura - 8.5 - Histograma das discrepâncias para o Bing Maps

Fonte: O autor.

Figura - 8.6 - Histograma das discrepâncias para a base da Esri

Fonte: O autor.

8.4. AVALIAÇÃO DA NORMALIDADE DA POPULAÇÃO DAS DISCREPÂNCIAS

A avaliação da normalidade da população de discrepâncias foi desenvolvido com o software MINITAB utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados são mostrados no quadro 8.2.

Somente a população de discrepâncias das coordenadas N e E do Google Maps Imagem, e as discrepâncias do Bing Maps e da base da Esri para a coordenada N, possuem distribuição normal.

Quadro 8.2 – Resultado do teste de Normalidade efetuado no MINITAB.

Produto cartográfico	Coordenada E		Coordenada N	
	Valor de P	Resultado	Valor de P	Resultado
Google Maps Geral	P < 0,01	Não Normal	P < 0,01	Não Normal
Google Maps Imagem	P > 0,15	Normal	P > 0,141	Normal
Google Maps Orto	P < 0,01	Não Normal	P < 0,01	Não Normal
Bing Maps	P < 0,01	Não Normal	P > 0,15	Normal
Esri	P < 0,01	Não Normal	P=0,097	Normal

Fonte: O autor .

No Teste de Precisão da Análise Estatística, para as distribuições não normais, não é recomendado o método do qui-quadrado. O software MINITAB sugere a utilização do método de Bonett para populações não normais e contínuas para testar se a variância (ou desvio padrão) da população é igual a um valor especificado.

8.5. ANÁLISE POSICIONAL PELO DECRETO N° 89.817

8.5.1. Análise Posicional pelo Decreto n° 89.817- Porcentagem do PEC

Como destacado no capítulo da metodologia, pelo Decreto n° 89.817 pode-se ter no máximo 10 % das suas discrepâncias ultrapassando o valor do PEC para a escala e a classe para o qual o produto cartográfico esta sendo testado.

A tabela 8.3 abaixo apresenta para cada produto cartográfico, a escala calculada na qual somente 10% das discrepâncias possuem valor superior a um PEC_{limite} . São determinados os valores de PEC_{limite} e respectiva escala para E e N separadamente. A escala escolhida para o produto cartográfico é a menor escala entre a escala para o eixo E e a escala para o eixo N. No capítulo 9 será mais bem detalhado este procedimento.

A escala foi inicialmente só calculada para a Classe “A” do Decreto.

Tabela 8.3 – Escala dos produtos cartográficos definida pelo Decreto n° 89.817: Análise da Porcentagem do PEC.

Produto cartográfico	Qte. Discrepâncias da amostra	PEC _{Limite}		Quantidade de Discrepâncias em que:		Porcentagem. Discrepâncias em que:		Escala		
		E (m)	N (m)	$\Delta E \geq PEC_{limite}$ E	$\Delta N \geq PEC_{limite}$ N	$\Delta E \geq PEC_{limite}$ E	$\Delta N \geq PEC_{limite}$ N	Escala E	Escala N	Escala Produto
Google Maps Geral	240	4,50	3,53	24	24	10,0%	10,0%	1:9.000	1:7.060	1:9.000
Google Maps Imagem	158	6,12	3,74	15	15	9,5%	9,5%	1:12.240	1:7.480	1:12.400
Google Maps Orto	81	1,58	1,06	8	7	9,9%	8,6%	1:3.160	1:2.120	1:3.160
Bing Maps	240	3,60	5,15	23	23	9,6%	9,6%	1:7.200	1:10.300	1:10.300
Esri	240	3,87	4,21	24	23	10,0%	9,6%	1:7.740	1:8.420	1:8.420

Fonte: O autor. ΔE é valor das discrepâncias no eixo Este e ΔN é o valor das discrepâncias no eixo Norte. Em negrito a escala final para cada produto

8.5.2. Análise Posicional pelo Decreto nº 89.817 - Dispersão da Amostra

Para este estudo, conforme justificado no capítulo 4.5, é utilizado como estimador o RMSE (raiz do erro médio quadrático). Para cada produto é calculado o RMSE pela equação (8.1) para as coordenadas E e N separadamente:

$$RMSE_x = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(Xc_i - Xa_i)^2}{n}} \quad (8.1)$$

Para a definição do valor da escala para a coordenada E e N utiliza-se a equação 8.2: sendo que a escala foi inicialmente só calculada para a Classe “A” do Decreto.

$$Escala_{RMSE} \times 1,6449 / 0,5 \times 1000 \quad (8.2)$$

Onde:

0,5mm é razão entre PEC e escala definido pelo Decreto nº 89.817 para a Classe “A”.

Na classificação da escala final do produto cartográfico pela Análise da Dispersão da Amostra, a escala do produto será a escala menos detalhada (menor escala) entre as definidas para a direção N e E.

Os valores de RMSE, as escalas para cada eixo e a escala final (em negrito) são apresentados na tabela 8.4

Tabela 8.4 – Escala dos produtos cartográficos definida pelo Decreto nº 89.817 pela Análise da Dispersão da amostra utilizando como estimador o RMSE.

Produto cartográfico	RMSE		Escala		
	E (m)	N (m)	Escala E	Escala N	Escala Produto
Google Maps Geral	2,872	2,054	1:9.449	1:6.758	1:9.449
Google Maps Imagem	3,453	2,463	1:11.359	1:8.103	1:11.359
Google Maps Orto	1,091	0,785	1:3.588	1:2.582	1:3.588
Bing Maps	2,294	3,307	1:7.546	1:10.881	1:10.881
Esri	2,272	2,418	1:7.474	1:7.954	1:7.954

Fonte: O autor.

8.5.3. Definição da Escala Final pelo Decreto nº 89.817

Para a classificação final do produto cartográfico é escolhida a menor escala entre a definida pela análise da porcentagem do PEC e pela análise da dispersão da amostra. No capítulo 9 será mais bem detalhado este procedimento.

A Escala final do produto segundo o Decreto nº 89.817 é visto na tabela 8.5, sendo que, a escala foi inicialmente só calculada para a Classe “A” do Decreto.

Tabela 8.5 – Escala dos produtos cartográficos definida pelo Decreto nº 89.817. Em negrito as escalas definidas para cada produto.

Produto cartográfico	Escala pelo Decreto 89.817		
	Porcentagem do PEC	Dispersão da Amostra	Escala final
Google Maps Geral	1:9.000	1:9.449	1:9.449
Google Maps Imagem	1:12.400	1:11.359	1:12.400
Google Maps Orto	1:3.160	1:3.588	1:3.588
Bing Maps	1:10.300	1:10.881	1:10.881
Esri	1:8.420	1:7.954	1:8.420

Fonte: O autor

8.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DA ACURÁCIA DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

8.6.1. Teste de Precisão

Para a classificação dos produtos pelo teste da precisão, conforme citado anteriormente, é necessário distinguir as discrepâncias com distribuição normal das não normais, pois a metodologia para o teste de hipótese é diferente.

Os testes de precisão serão desenvolvidos no MINITAB para as distribuições normais utilizando o método do qui-quadrado e para as não normais o método de Bonnet .

Para teste de precisão utilizando Bonnet ou qui-quadrado define-se no MINITAB as seguintes hipóteses:

H_0 : S_x é estatisticamente igual que o desvio padrão hipotético

H_1 : S_x é estatisticamente maior que o desvio padrão hipotético

Onde:

S_x é o desvio padrão das discrepâncias da amostra para as coordenadas N e E, e o “desvio padrão hipotético” é o EP que esta sendo testado (para a classe “A” de uma determinada escala).

Para um nível de significância de 5 %, no MINITAB, se o valor da variável P desse teste for menor que 0,05 rejeita-se a hipótese H_0 e prossegue-se o teste para EPs de escalas menores até que a hipótese H_0 possa ser aceita (valor de P maior que 0,05).

São testados os EPs para as escalas com intervalo de 500. Exemplificando 1:2.000, 1:2.500, 1:3.000 etc.

Para as distribuições das discrepâncias normais será desenvolvido um exemplo para o Google Maps Geral para E e N comparando os valores de $\chi^2_{(calculado)}$. Com os valores do $\chi^2_{(n-1;\alpha)}$ tabelados.

Todos os testes são efetuados para um nível de significância de 5% (nível de confiança de 95%)

São mostrados a seguir os resultados dos testes efetuados no MINITAB para as distribuições normais e não normais.

Nas tabelas 8.6, 8.7, 8.8, 8.9 e 8.10 são mostrados os valores para o teste com EP para a escala onde $P > 0$, e também são mostrados os valores com os testes com EP para uma escala imediatamente maior, onde $P < 0,05$. Estes últimos valores são mostrados para confirmar que a hipótese H_0 deve ser realmente rejeitada para esta escala.

Em negrito, nestas tabelas são realçados os valores de $P > 0,05$ para o método considerado (Bonnet ou qui-quadrado), as escalas do produto para E e N e a escala final de cada produto cartográfico.

As escalas foram inicialmente só calculadas para a Classe “A” do Decreto.

Tabela 8.6 - Resultado da Análise de Tendência utilizando o MINITAB para o Google Maps Geral. Em negrito são realçados os valores de $P > 0,05$ considerados, a escala atribuída ao produto para E e N e a escala final.

Google Maps Geral								
	Distri- buição	Escalas Testadas	EP Testado (m)	Valor de P		Análise do teste	Escala do produto	Escala Final do produto
				Bonnet	qui- quadrado			
E	Não Normal	1:8.000	2,43	0,004	0,000	P < 0,05 para Bonnet	1:8.500	1:8.500
		1:8.500	2,58	0,057	0,021	P > 0,05 para Bonnet		
N	Não Normal	1:6.000	1,82	0,009	0,006	P < 0,05 para Bonnet	1:6.500	
		1:6.500	1,98	0,296	0,284	P > 0,05 para Bonnet		

Fonte: O autor

Tabela 8.7 - Resultado da Análise de Tendência utilizando o MINITAB para o Google Maps Orto. Em negrito são realçados os valores de $P > 0,05$ considerados, a escala atribuída ao produto para E e N e a escala final

Google Maps Orto							
Distribuição	Escalas Testadas	EP Testado (m)	Valor de P		Análise do teste	Escala do produto	Escala Final do produto
			Bonnet	qui-quadrado			
E	Não Normal	1:2.500	0,76	0,007	0,000	P < 0,05 para Bonnet	1:3.000
		1:3.000	0,91	0,164	0,057	P > 0,05 para Bonnet	
							1:3.000
N	Não Normal	1:1.500	0,46	0,004	0,000	P < 0,05 para Bonnet	1:2.000
		1:2.000	0,61	0,142	0,005	P > 0,05 para Bonnet	

Fonte: O autor

Tabela 8.8 - Resultado da Análise de Tendência utilizando o MINITAB para o Google Maps Imagem. Em negrito são realçados os valores de $P > 0,05$ considerados, a escala atribuída ao produto para E e N e a escala final

Google Maps Imagem								
	Distri- buição	Escala Testadas	EP Testado (m)	Valor de P		Análise do teste	Escala do produto	Escala Final do produto
				Bonnet	qui- quadrado			
E	Normal	1:9.500	2,89	0,008	0,007	P < 0,05 para qui-quadrado	1:10.000	1:10.000
		1:10.000	3,04	0,070	0,068	P > 0,05 para qui-quadrado		
N	Normal	1:7.000	2,13	0,001	0,004	P < 0,05 para qui-quadrado	1:7.500	
		1:7.500	2,28	0,046	0,094	P > 0,05 para qui-quadrado		

Fonte: O autor

Tabela 8.9 - Resultado da Análise de Tendência utilizando o MINITAB para o Bing Maps Imagem. Em negrito são realçados os valores de $P > 0,05$ considerados, a escala atribuída ao produto para E e N e a escala final

Bing Maps								
	Distri- buição	Escala Testadas	EP Testado (m)	Valor de P		Análise do teste	Escala do produto	Escala Final do produto
				Bonnet	qui- quadrado			
E	Não Normal	1:5.000	1,52	0,001	0,000	P < 0,05 para Bonnet	1:5.500	1:6.500
		1:5.500	1,67	0,125	0,110	P > 0,05 para Bonnet		
N	Normal	1:6.000	1,82	0,001	0,001	P < 0,05 para qui-quadrado	1:6.500	
		1:6.500	1,98	0,112	0,124	P > 0,05 para qui-quadrado		

Fonte: O autor

Tabela 8.10 - Resultado da Análise de Tendência utilizando o MINITAB para a base da Esri. Em negrito são realçados os valores de $P > 0,05$ considerados, a escala atribuída ao produto para E e N e a escala final

Esri							
	Distri- buição	Escala Testadas	EP Testado (m)	Valor de P		Análise do teste	Escala do produto
				Bonnet	qui- quadrado		
E	Não Normal	1:5.000	1,52	0,012	0,000	$P < 0,05$ para Bonnet	1:5.500
		1:5.500	1,67	0,219	0,132	$P > 0,05$ para Bonnet	
N	Normal	1:6.500	1,98	0,009	0,011	$P < 0,05$ para qui-quadrado	1:7.000
		1:7.000	2,13	0,260	0,265	$P > 0,05$ para qui-quadrado	

Fonte: O autor

O cálculo dos testes do qui-quadrado para as distribuições normais utilizando o Excel somente será desenvolvido para o Google Maps Imagem. O objetivo é somente mostrar que os resultados apresentados pelo MINITAB são os mesmos quando executados manualmente pelo Excel.

Para as coordenadas do eixo E do Google Maps Imagem

O Qui-quadrado tabelado:

Para 158 amostras e nível de confiança de 95%:

$$\chi^2_{n-1;\alpha} = \chi^2_{157;0,05} = 187,24$$

O Qui-quadrado calculado:

Para o cálculo do $\chi^2_{(calculado)}$ utiliza-se a equação 8.3:

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{n-1}{EP^2} \times s^2 \quad (8.3)$$

O qui-quadrado calculado para o eixo E para a escala 1:9.500:

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{(158-1)}{2,89^2} \times 3,29^2 = 203,47$$

Para a escala 1:9.500: $\chi^2_{(calculado)} > \chi^2_{n-1;\alpha}$

O qui-quadrado calculado para o eixo E para a escala 1:10.000 :

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{(158-1)}{3,04^2} \times 3,29^2 = 183,88$$

Para a escala 1:10.000: $\chi^2_{(calculado)} < \chi^2_{n-1;\alpha}$

Para as coordenadas do eixo N do Google Maps Imagem

O Qui-quadrado tabelado:

Para 158 amostras e nível de confiança de 95%:

$$\chi^2_{n-1;\alpha} = \chi^2_{157;0,05} = 187,24$$

O qui-quadrado calculado para o eixo N para a escala 1:7.000:

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{(158 - 1)}{2,13^2} \times 2,45^2 = 207,72$$

$$\text{Para a escala 1:7.000: } \chi^2_{(calculado)} > \chi^2_{n-1;\alpha}$$

O qui-quadrado calculado para o eixo N para a escala 1:7.500:

$$\chi^2_{(calculado)} = \frac{(158 - 1)}{2,28^2} \times 2,45^2 = 181,29$$

$$\text{Para a escala 1:7.500: } \chi^2_{(calculado)} < \chi^2_{n-1;\alpha}$$

O quadro resumo com as escalas pode ser visto na tabela 8.11. Notar que as escalas são as mesmas desenvolvendo os testes manualmente ou utilizando o software MINITAB.

Tabela 8.11 - Quadro resumo do resultado do processo utilizando o Excel para classificação da Escala para o Google Maps Imagem.

Google Maps Imagem						
Teste qui-quadrado calculado com o Excel para n=158 e nível de confiança = 95%						
Distri- buição	Escala Testadas	EP Testado (m)	qui-quadrado		Análise do teste $\chi^2_{(calc)} > \chi^2_{157;\alpha}$	Escala do produto
			Tabelado	Calculado		
E Normal	1:9.500	2,89	187,24	203,47	SIM	1:10.000
	1:10.000	3,04	187,24	183,88	NÃO	
						1:10.000
N Normal	1:7.000	2,13	187,24	207,72	SIM	1:7.500
	1:7.500	2,28	187,24	181,29	NÃO	

Fonte: O autor

8.6.2. Teste de Tendência

Para o teste de tendência compara-se o $Z_{\text{calculado}}$ com um Z_{tabelado} para um determinado nível de confiança :

Se $|Z_{\text{calculado}}| \leq Z_{(1-\alpha/2)}$. o documento cartográfico pode ser aceito como livre de efeito sistemático numa dada coordenada X qualquer

Se $|Z_{\text{calculado}}| > Z_{(1-\alpha/2)}$. Existe erro sistemático para o produto cartográfico em numa dada coordenada X com uma tendência igual ao da média das discrepâncias da coordenada X.

A equação empregada para o cálculo de Z, no teste de hipótese é a (8.4):

$$Z_{\text{(calculado E, N)}} = \frac{1}{EP} \times \mu \times \sqrt{n} \quad (8.4)$$

Onde:

EP é o valor do EP definido pelo Decreto nº 89.817 para a escala determinada para o produto cartográfico pelo teste de precisão, μ é o valor da média das discrepâncias e n é o número de discrepâncias.

$Z_{(\text{Tabelado})}$ com nível de confiança = 90% = $Z_{(1-0,05)} = 1,644853$

O cálculo de Z é executado separadamente para o eixo E e para o eixo N.

Na tabela 8.12 podem ser vistos o resultado dos testes de tendência para os vários produtos. Nota-se que somente o Google Maps Imagem em N não possui tendência para as escalas definidas pelo teste de precisão.

O valor da tendência, quando estatisticamente não é igual a zero, é igual ao valor da média das discrepâncias para as direções E e N.

Tabela 8.12 - Resultado dos testes de tendência para os vários produtos. Somente o Google Maps Imagem em N não possui tendência para as escalas definidas pelo teste de precisão.

Produto cartográfico	Escala considerada no teste	Z tabelado $Z_{(1-0,05)}$	Z calculado		Análise		Tendência (m)	
			E	N	E	N	E	N
Google Maps Geral	1:8.500	1,644853	3,43	1,92	Zcal > Z tab	Zcal > Z tab	-0,57	-0,32
Google Maps Imagem	1:10.000	1,644853	4,43	1,41	Zcal > Z tab	Zcal < Z tab	-1,07	Sem tendência
Google Maps Orto	1:3.000	1,644853	3,92	2,85	Zcal > Z tab	Zcal > Z tab	0,40	-0,29
Bing Maps	1:6.500	1,644853	11,55	20,17	Zcal > Z tab	Zcal > Z tab	1,47	-2,57
Esri	1:7.000	1,644853	10,55	7,55	Zcal > Z tab	Zcal > Z tab	-1,45	1,04

Fonte: O autor.

Em um mapeamento digital convencional, quando existe tendência, esta poderia ser corrigida trasladando este mapeamento nos mesmos valores da média nas direções contrárias ao deslocamento.

Para as bases disponibilizadas na Web utilizadas no interior do SIG não é trivial corrigir este deslocamento. No capítulo 9 é detalhada melhor esta questão e são analisadas as consequências desta dificuldade de corrigir os deslocamentos.

8.7. QUADRO RESUMO

A seguir são apresentadas as tabelas com o resumo das escalas por produto cartográfico e posteriormente para todos os produtos conjuntamente. Tabelas 8.13, 8.14, 8.15, 8.16 e 8.17

Os valores das escalas referem-se à classe A do Decreto nº 89.817

Tabela 8.13 – Quadro resumo das escalas e valores de tendência para o Google Maps.

Google Maps Geral (Ortofoto e Imagem juntos)				
Critério de Classificação		Escala		Escala Definida para o Produto
		E	N	
Decreto 89.817	Dispersão da Amostra (RMSE)	1:9.449	1:6.758	1:9.449
	Porcentagem do PEC (90 % abaixo do PEC)	1:9.000	1:7.060	
Análise Estatística		1:8.500	1:6.500	1:8.500 Com tendência de 0,57m em E e -0,32m em N

Fonte: O autor

Tabela 8.14 – Quadro resumo das escalas e valores de tendência para o Google Maps para a área recoberta com imagens de satélite.

Google Maps Imagem				
Critério de Classificação		Escala		Escala Definida para o Produto
		E	N	
Decreto 89.817	Dispersão da Amostra (RMSE)	1:11.359	1:8.103	1:12.240
	Porcentagem do PEC (90 % abaixo do PEC)	1:12.240	1:7.480	
Análise Estatística		1:10.000	1:7.500	1:10.000 com tendência de 1,07 m em E

Fonte: O autor

Tabela 8.15 – Quadro resumo das escalas e valores de tendência para o Google Maps para a área recoberta com ortofotos.

Google Maps Ortofoto			
Critério de Classificação	Escala		Escala Definida para o Produto
	E	N	
Decreto 89.817	Dispersão da Amostra (RMSE)	1:3.588	1:3.588
	Porcentagem do PEC (90 % abaixo do PEC)	1:3.160	
Análise Estatística	1:3.000	1:2.000	1:3.000 com tendência de 0,40 m em E e -0,29 m em N

Fonte: O autor.

Tabela 8.16 – Quadro resumo das escalas e valores de tendência para o Bing Maps.

Bing Maps			
Critério de Classificação	Escala		Escala Definida para o Produto
	E	N	
Decreto 89.817	Dispersão da Amostra (RMSE)	1:7.546	1:10.881
	Porcentagem do PEC (90 % abaixo do PEC)	1:7.200	
Análise Estatística	1:5.500	1:6.500	1:6.500 com tendência de 1,47 m em E e -2,57m em N

Fonte: O autor.

Tabela 8.17 – Quadro resumo das escalas e valores de tendência para a base da Esri.

Esri				
Critério de Classificação		Escala		Escala Definida para o Produto
		E	N	
Decreto 89.817	Dispersão da Amostra (RMSE)	1:7.474	1:7.954	1:8.420
	Porcentagem do PEC (90 % abaixo do PEC)	1:7.740	1:8.420	
Análise Estatística		1:5.500	1:7.000	1:7.000
				com tendência de 1,45 m em E e 1,04 m em N

Fonte: O autor.

8.8. QUADRO RESUMO GERAL

Na tabela 8.18 pode ser visto um quadro com o resumo geral comparativo para as três bases. Para o Google Maps são destacados separadamente os resultados para a área recoberta com ortofotos e os resultados para a área recoberta com imagens.

Tabela 8.18 – Quadro resumo das escalas e valores para as três bases e para o Google, para a área recoberta com ortofotos e para o Google, para a área recoberta com imagens.

Produto Cartográfico	Decreto nº 89.817	Análise Estatística		
	Escala	Escala	Tendência E (m)	Tendência N (m)
Google Maps Geral	1:9.449	1:8.500	-0,57	-0,32
Google Maps Imagem	1:12.400	1:10.000	-1,07	Sem tendência
Google Maps Orto	1:3.588	1:3.000	0,40	-0,29
Bing Maps	1:10.881	1:6.500	1,47	-2,57
Esri	1:8.420	1:7.000	-1,45	1,04

Fonte: O autor.

Lembrando que para todas as classificações foram consideradas somente a classe “A” do Decreto nº 89.817.

Os valores das escalas apesar de não serem usuais na cartografia impressa, podem ser aceitos para diversas aplicações em meio digital.

8.9. AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA UTILIZANDO O RMSE E O CE90

Como citado no capítulo 7, considerando que estas bases possuem uma abrangência espacial mundial, para que no futuro possa-se comparar o resultado deste estudo com outros semelhantes, são apresentadas as acurácias em padrões mais utilizados internacionalmente. São calculados a seguir o RMSE e do CE90 para as Bases do Bing, Google e ESRI.

Para o cálculo do RMSE horizontal é utilizada a equação 8.5:

$$RMSEr = \sqrt{(RMSEx)^2 + (RMSEy)^2} \quad (8.5)$$

Para o CE90 será utilizada a equação 8.6:

$$CE90 \cong 2,1460. (RMSEx + RMSEy)/2 \dots\dots(8.6)$$

Na tabela 8.19 são apresentados os valores do RMSE horizontal e os valores CE90 para os produtos cartográficos

Tabela 8.19 - Valores do RMSE horizontal e do CE90

Produto cartográfico	RMSEr (m)	CE90 (m)
Google Maps Geral	3,53	5,28
Google Maps Imagem	4,24	6,34
Google Maps Orto	1,34	2,01
Bing Maps	4,02	6,01
Esri	3,32	5,03

Fonte: O autor

9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas a classificação final dos produtos cartográficos e a análise dos resultados finais. Primeiramente são explanados os critérios utilizados para a classificação dos produtos considerando os dois métodos utilizados (Análise pelo Decreto N° 89.817 e Análise Estatística) e a escala adotada para o Google, considerando a heterogeneidade da sua cobertura para o Município de São Paulo.

9.1. QUAL ESCALA UTILIZAR: A RESULTANTE DA ANÁLISE PELO DECRETO N° 89.817 OU PELA ANÁLISE ESTATÍSTICA?

Ao final do estudo, cada base foi classificada com duas escalas, uma oriunda do Decreto n° 89.817 e outra da Análise Estatística. Qual deve ser utilizada?

Quando se define a escala pelo teste de precisão da Análise Estatística para um mapeamento digital convencional, onde é possível eliminar os deslocamentos devido a erros sistemáticos (tendência), a escala encontrada no teste de precisão será a mais representativa do produto cartográfico (desde que o erro sistemático seja eliminado).

Em relação aos erros sistemáticos encontrados nas três bases através do teste de tendência, deve-se considerar a dificuldade de corrigi-los neste tipo de base (Google, Esri, Bing), uma vez que não é trivial efetuar translações nos eixos N e E em bases disponibilizadas na Web quando utilizadas diretamente no interior do SIG. Ainda que se solicite aos desenvolvedores das bases que as corrijam, essa demanda talvez não seja atendida, ou só o será depois de vários estudos que requerem tempo. Neste caso, onde é difícil eliminar a tendência, a escala que deve ser considerada é a escala definida pelo Decreto n° 89.817.

A escala definida pelo Decreto n° 89.817 é sempre uma escala menor que a escala definida pela Análise Estatística, pois essa primeira escala reflete melhor os erros existentes e não removíveis.

Se por um lado não é recomendado assumir a escala definida pela Análise Estatística para as bases, é possível assumi-la para os dados que usaram estas bases como referência. Para tanto pode-se adotar as seguintes soluções:

- Ao final de um projeto, após digitalizar as feições a partir das bases, ajustar essas feições espaciais, agora em formato vetorial. Em outras palavras, após digitalizar ou/e gerar dados espaciais, tendo como referência uma destas bases, deslocar as feições nos valores inversos das tendências para E e N. Neste caso, o produto poderia ser utilizado na escala definida pelo teste de precisão.
- Assumir que o projeto que está utilizando uma destas bases como referência, possui uma “precisão” compatível com a escala definida pelo processo estatístico, mas também possui um deslocamento (tendência), e que este não é significativo para o resultado final. Se o projeto for utilizar dados de terceiros, deve-se deslocar estes dados para que se adaptem à base. Por exemplo, se estiver utilizando dados de GPS de alta acurácia, deve-se ajustar estes dados à base, deslocando-os nos valores das tendências para E e N.

9.2. ESCALA DA BASE DO GOOGLE MAPS

Para a base do Google Maps foram definidas três escalas. Uma primeira considera a base do Google homogênea para o Município de São Paulo e outras duas consideram separadamente a área recoberta com ortofotos e a área recoberta com imagens de satélite.

A escala para a base do Google (quando considerada como um produto homogêneo), é aproximadamente uma média ponderada entre as outras duas. Ao considerar o Google para o MSP como um único produto, estaremos assumindo que se pode utilizar a área recoberta por imagens de satélite com uma acurácia acima de suas características (utilizar na escala 1:9.449 quando sua acurácia é compatível com 1:12.400). Já nas áreas recobertas com ortofotos, estaremos subestimando suas possibilidades de uso.

É então assumido neste estudo que a base do Google Maps para o MSP é composta de duas bases distintas: uma que é um mosaico de ortofotos e outra que é um mosaico de imagens de satélite.

A metodologia utilizada para a avaliação da acurácia do Google Maps poderia ter sido mais simplificada se tivessem sido encontrado os metadados da base do Google onde fosse mostrado os limites e a especificação de cada produto que a compõe. A delimitação das fronteiras dos diferentes mosaicos foi desenvolvida visualmente sobre a base e foi pressuposto inicialmente, em função da escala de visualização, que o produto central fosse um mosaico de ortofotos mais acurado.

A análise da acurácia mostrando ao final as diferenças das escalas para os dois mosaicos (Google Maps Imagem : 1:12.400 e Google Maps Orto 1:3.588), acabou comprovando a hipótese inicial.

9.3. QUAL ESCALA UTILIZAR A PARTIR DO DECRETO Nº 89.817. DISPERSÃO DA AMOSTRA OU PORCENTAGEM DO PEC?

O Decreto nº 89.817 não é específico em uma série de questões. Para a classificação do produto cartográfico a partir do Decreto foi efetuada uma interpretação deste considerando outros trabalhos semelhantes desenvolvidos anteriormente a essa dissertação, e as especificações técnicas da INDE.

Como foi visto no capítulo 4, a INDE claramente coloca que um produto cartográfico para ser classificado pelo Decreto em uma determinada escala deve atender ao teste dos 90% dos pontos dentro de certo limite e ao teste dispersão da amostra (“[...] devendo ainda apresentar os valores do Erro Padrão (EP) também iguais, ou inferiores ao EP previsto nas tabelas [...]).

Um produto cartográfico só pode ter uma escala de trabalho (ainda que se visualize em outras escalas) . A escala para que o produto atenda aos dois testes simultaneamente deve ser a menor escala entre as determinadas pelos dois testes.

Este procedimento vai ainda ao encontro de uma utilização mais segura das bases. Por exemplo, se por um dos métodos a escala encontrada for 1:12.000 (erro de 6 metros para a classe “A”) e pelo outro 1:8.000 (erro de 4 metros para a Classe “A”), adotando-se a menor escala (1:12.000) estará sendo escolhida uma escala de menor acurácia (maior erro), prevenindo assim, usos indevidos do produto onde a diferença no erro de 2 metros possa ser relevante.

9.4. A ESCALA DO PRODUTO A PARTIR DAS ESCALAS DO EIXO NORTE E DO EIXO ESTE.

A opção nesta dissertação pelo cálculo em separado das escalas dos produtos para o eixo Norte e Sul aconteceu igualmente em função da análise de estudos semelhantes desenvolvidos anteriormente a esse, e que podem ser vistos resumidamente no capítulo 4.

Para a definição da escala do produto cartográfico que foi classificado com diferentes escalas para o eixo norte e sul, foi utilizado o mesmo raciocínio mostrado no item anterior. O produto é classificado com a menor escala entre as definidas para o eixo Norte e para o eixo Sul. Novamente este procedimento foi adotado pois, vai ao encontro de uma utilização mais segura das bases considerando a sua acurácia.

9.5. CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS BASES EM RELAÇÃO À ACURÁCIA

Considerando o caso mais geral, onde não foi possível eliminar as tendências para as bases do Google Maps, Bing Maps e da ESRI, é então assumida para estes produtos cartográficos a escala definida pelo Decreto nº 89.817.

As escalas finais das bases para a classe A do Decreto nº 89.817, são apresentados na tabela 9.1 abaixo.

Tabela - 9.1 - Escala final dos produtos cartográficos

PRODUTO CARTOGRÁFICO	ESCALAS
Google Maps Imagem	1:12.400
Google Maps Orto	1:3.588
Bing Maps	1:10.881
Esri	1:8.420

Fonte: O autor

As bases do Google Maps Imagem, Bing Maps e Esri, conforme explicitado no capítulo 3, estão dentro da categoria de planejamento urbano (são próximas da escala 1:10.000) e dentro do leque desta escala, são inúmeros os usos para o planejamento da ocupação do solo ou para planejamento de serviços urbanos (educação, saúde, serviços de limpeza, esgoto, etc.)

Estas bases podem servir como fonte de dados para desenvolvimento de informações (como por exemplo, mapas de uso do solo) ou como referência espacial para mapas temáticos (distribuição dos postos de saúde, por exemplo).

A Base do Google composta por ortofotos na escala 1:3.588 (ou 1:4.000 em valores de escala mais convencionais) com acurácia de 1,8 metros para a Classe “A” possui inúmeras utilizações. Conforme detalhado no capítulo 3, é uma escala municipal em planejamento e controle podendo ser utilizada para cadastros urbanos como, por exemplo, cadastro de sinalizações, equipamentos de lazer, etc.

Esta base pode ser utilizada para compor uma ortofotocarta na escala 1:4.000 com os vetores do MDC que mais interessarem para um determinado projeto. Nota-se nesta escala o perfeito ajuste entre o MDC e a ortofoto do Google Maps como exemplificado na Figura 9.1.

Figura 9.1 - Ortofotocarta na escala 1:4.000 composto pelo MDC com a ortofoto do Google Maps.

Fonte: O autor.

As ortofotos ou as imagens de satélite das bases podem agregar ao MDC uma maior capacidade para referência espacial em projetos no SIG. O MDC com suas curvas de nível, pode suprir uma deficiência destas bases, que é justamente a falta de altimetria.

As bases poderão ainda ser utilizadas para atualizar o próprio MDC nas áreas mais dinâmicas da cidade, desde que sejam respeitadas: a data das imagens / ortofotos, e os limites das acurácias.

As bases possuem diversas qualidades positivas para uso em projetos em SIG. Pode-se citar, por exemplo, imagens atualizadas (2014 para Google Maps), mosaicos com junções entre imagens ou ortofotos adequados, qualidade homogênea das imagens, bom desempenho dos servidores dos serviços destas bases, etc.

Uma das qualidades relevantes é o limite da escala de visualização. As feições destas imagens podem ser vistas claramente sem distorções até 1:1.000 para o Google Maps e Bing Maps e 1:3.000 para a base da ESRI. Apesar destas escalas de visualização excederem a acurácia das bases, elas ampliam o leque de utilização, desde que o usuário tenha claro a magnitude dos erros planimétricos de cada base. Pode-se usar a feição até 1:1.000, mas a acurácia, por exemplo para o Bing Maps, é compatível com 1:11.000 ou de 0,5 mm na escala que é igual a 5,5 metros em N e E, com nível de confiança de 90% para a classe A.

As limitações identificadas neste estudo referentes às bases são próprias de mosaicos de imagens de satélite ou de mosaicos de ortofotos.

As principais limitações são:

- A inclinação das feições e conseqüentemente a obstrução da visão de áreas da superfície por estas feições.

No capítulo 2 são explicitadas detalhadamente as origens desta característica nas imagens de satélite ou em ortofotos. Esta limitação é sentida principalmente em regiões com grandes concentrações de edifícios e torna-se mais relevante quanto mais próxima for a utilização do limite da escala de visualização.

Nas utilizações mais próximas das escalas compatíveis com a acurácia (1:12.000 e mesmo 1:4.000 na área de ortofoto), esta limitação é quase imperceptível.

- Data da obtenção das imagens de satélite / ortofotos.

Como apontado no capítulo 2, estas imagens e ortofotos estão em constante renovação, mas nem sempre possuem a atualização necessária para o específico projeto que esta sendo desenvolvido. Ao final deste estudo em outubro de 2014 o Bing Maps utilizava imagens de 2011 e para a base da ESRI as imagens eram de 2010 e 2008.

O Google Maps sofreu uma grande atualização durante o processo de desenvolvimento deste estudo, e as imagens de satélite no final do trabalho, já eram todas de 2014. No SIG e na visualização no *site* Google Maps, a área de ortofotos permaneceu com as fotos 2008, mas no Google Earth já existia a possibilidade de utilizar imagens de satélite mais recentes, também na área central recoberta com ortofotos.

É igualmente possível calcular as escalas para as classes B e C do Decreto nº 89.817 de acordo com o quadro 4.2 nessa dissertação.

Na tabela 9.2 são vistas as escalas para as bases nas classes A, B e C definidas a partir da Análise da Acurácia pelo Decreto nº 89.817.

Tabela - 9.2 - Escala final dos produtos cartográficos para as classes A, B e C

PRODUTO CARTOGRÁFICO	ESCALAS		
	Classe A	Classe B	Classe C
Google Maps Imagem	1:12.400	1:7.750	1:6.200
Google Maps Orto	1:3.588	1:2.243	1:1.794
Bing Maps	1:10.881	1:6.801	1:5.441
Esri	1:8.420	1:5.263	1:4.210

Fonte: O autor.

Considerando somente a característica posicional, a possibilidade de uso das bases em outras classes menos acuradas aumenta o leque de utilizações. Os produtos

baseados em mosaico de imagens se aproximam da escala 1:5.000 na classe C, que permite o uso, entre outros, como referência espacial em cadastros urbanos, desde que, a menor acurácia de 1 mm na escala (ou 5 metros em N e E com nível de confiança de 90%), não seja relevante. A base do Google Maps composta de ortofotos com escala próxima a 1:2.000 para a classe C, pode ser utilizada, entre outros usos, como referência espacial em projetos em que se pode tolerar uma acurácia de 1 mm na escala (2 metros em N e E com nível de confiança de 90%). Cabe ressaltar que nestas escalas a limitação pela inclinação das feições é significativa.

Segundo Nero (2005), na análise da acurácia deve ser utilizado um produto para referência três vezes mais acurado que o produto que será analisado. Se o MDC com escala 1:1.000 possui uma acurácia compatível com a classe B (0,8 mm na escala ou 80 cm em N e E com nível de confiança de 90%) a escala definida para o produto Google Maps Orto de 1:3.588 (0,5 mm na escala para classe A ou 1,8 m em N e E com nível de confiança de 90%) tem que ser considerada com alguma ressalva pois apesar do MDC ainda ser mais acurado que a base Google Maps Orto, não chega a ser três vezes mais apurado (é somente 2,25).

10. CONCLUSÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS

10.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO

O objetivo inicial de analisar a acurácia posicional das bases do Bing Maps, Google Maps e da Esri (World Imagery) voltadas para a utilização como referência espacial em um Sistema de Informação Geográfica para o Município de São Paulo foi atingido. Além disso, foram indicadas as escalas de uso para cada produto e algumas possíveis utilizações de cada um

A metodologia adotada para a análise posicional, apesar de sua origem em produtos cartográficos analógicos ou em digitais vetoriais, mostrou-se satisfatória para a classificação deste tipo de produto cartográfico formado por mosaicos de imagens de satélite e ortofotos.

Como o Decreto nº 89.817 permite diferentes visões, foram encontradas diferentes metodologias utilizadas por diferentes pesquisadores para a análise posicional, sendo que a maioria eram baseadas em interpretações do próprio Decreto nº 89.817 e no texto de Merchant de 1982. Embora o objetivo não fosse desenvolver uma metodologia para a análise posicional, pela necessidade do estudo, foi construída uma, que foi a combinação das utilizadas por vários pesquisadores.

Apesar do enfoque metodológico deste estudo ter sido à análise da acurácia utilizando as metodologias e padrões adotados pelas instituições brasileiras, foram calculadas no final do estudo as acurácias em padrões mais utilizados internacionalmente (RMSE e CE90), justamente para ser possível comparar em trabalhos futuros o resultado deste estudo com outros já existentes a nível mundial.

O processo de realizar a análise posicional utilizando as bases disponibilizadas via serviços de mapas na Web como um *layer* no SIG mostrou-se viável do ponto de vista metodológico e operacional.

Se por um lado as imagens e ortofotos utilizadas nas bases do Google, Bing e Esri para o Município de São Paulo podem ser substituídas com frequência, tornando desatualizados os resultados numéricos deste estudo, por outro lado, esses dados refletem a posição histórica dessas bases numa época concreta, e mais do que isto, a metodologia proposta pode ser aplicada novamente por outros pesquisadores e

usuários para atualização dos resultados, visto que o MDC continua disponível no *site* da prefeitura. A atualização do MDC, em processo de licitação, não invalida a metodologia e só tornará a avaliação mais precisa.

A possibilidade de disponibilizar os resultados e a metodologia deste estudo para outros pesquisadores e a possibilidade de encontrar resultados de estudos semelhantes, contribuirá para uma ideia espacialmente mais abrangente da acurácia das bases, aumentando a utilização consciente destas em projetos em SIGs dentro de padrões adequados de qualidade.

10.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Do presente estudo surge a possibilidade de continuidade de trabalhos em pelo duas vertentes: uma em relação à metodologia e outra em relação às bases do Google Maps, Bing Maps e da Esri.

Em relação à metodologia, considerando as várias interpretações do Decreto Nº 89.817 que foram encontradas durante o levantamento bibliográfico, acredita-se que se faz necessário o desenvolvimento de uma norma específica, de modo a parametrizar os procedimentos metodológicos para a análise posicional para os produtos vetoriais, para produtos matriciais e para produtos disponibilizados via serviços na web onde há uma maior dificuldade na eliminação da tendência.

Várias questões que não eram parte do objeto deste estudo surgiram durante o desenvolvimento da dissertação e podem ser alvo de futuros trabalhos, como por exemplo, o estudo comparativo dos resultados da análise da acurácia do Google Maps utilizando diferentes SIGs e diretamente no Google Earth. Este estudo poderá analisar, entre outras questões, os modelos de transformação de sistemas de projeção e de sistemas de referência geodésicos utilizados por em cada software.

Em relação ao Google Maps, Bing Maps, e a base da Esri, é importante que sejam desenvolvidos estudos semelhantes em outras áreas (urbanas ou rurais) que contribuam para compor um quadro mais abrangente da acurácia destas bases.

É igualmente importante a repetição dos estudos em uma mesma área, quando da substituição das imagens e ortofotos, para manter os estudos atualizados e para o desenvolvimento de séries históricas.

Para uma comparação mais abrangente das três bases sugerem-se estudos para a análise de qualidade considerando outros parâmetros além do posicional como resolução espacial, completude das toponímias, atualização das imagens, qualidade dos metadados, etc.

REFERÊNCIAS

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.166 – Rede de referência cadastral municipal – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998
- BECEK, K.; IBRAHIM, K.; BARUSSALAM, B. **On the positional Accuracy of the Google Earth imagery**. FIG Working Week 2011, Bridging the Gap Between Cultures, Morocco, 2011.
- BONETT, D.G. **Approximate Confidence Interval for Standard Deviation of Nonnormal Distributions**, *Computational Statistics & Data Analysis*, 50, 775-782, 2006
- BRANDALIZE, A. A. **Globos Digitais**. Disponível em: <http://www.esteio.com.br> Acesso em 06 julho 2012
- BRASIL. **Decreto nº 89.817, de 20 de Junho de 1984 - Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**, 1984 Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm Acesso em 01/09/2013
- BRITO, B. V.; DA SILVA, P. V.; DA SILVA, J. O. & JÚNIOR; J. P. M. **Mudança de referência geodésicos utilizando grades de transformação integradas em programas computacionais SIG**. In Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, abril de 2013. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1378.pdf> . Acesso em 01/09/2013
- CAMARGO, F. F.; OLIVEIRA C. G. DE; FLORENZANO C. M. DE A.; **Avaliação da Acurácia Posicional da Base Cartográfica do Município de São José Dos Campos (SP) Por Análises de Tendência e Precisão** in XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, Brasil, 2007
- CASACA, J. M.; BAILO, M. **Topografia**. Lidel Ed. Tecnicas. Lisboa; 2000
- CINTRA, J. P.; NERO, M. A. **Metodologia para o controle de qualidade de mapeamentos sistemáticos em meio digital** in Congresso Brasileiro de Cartografia Macaé, RJ, 2005.
- CINTRA, J. P. NERO, M. A. **Proposta de interpretação e sugestão de complemento da norma brasileira de controle de qualidade cartográfica** in Congresso Brasileiro de Cartografia Macaé, RJ, 2005. Disponível em <http://www.metrice.com.br/download.aspx?idContent=3794>. Acesso em 21/11/2013
- CINTRA, J.P. **Sistema UTM**. Escola Politécnica da USP-EPUSP. Apostila, São Paulo, 2003.
- CIPELUCH, B.; JACOB, R.; WINSTANLEY, A.; E MOONEY, P. **Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps** in Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences July 2010 p. 337, 2010

COSTA, A. I. P.; NATAL, D. **Distribuição Espacial da Dengue e Determinantes Socioeconômicos em Localidade Urbana no Sudeste do São Paulo** Revista. Saúde Pública, 32 (3): 232-6, São Paulo, 1998

D'ALGE, J. C. L. **Capítulo 6 - Cartografia Para Geoprocessamento** –In Câmara, G.; Davis.C.; Monteiro, A.M.; D'Alge, J.C. [Introdução à Ciência da Geoinformação](#). São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/> . Acesso em 01/08/2013

DALMOLIN, Q.; LEAL, E. **Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD**. In Boletim de Ciências Geodésicas, v. 7, n. 1, p. 21-40, 2001 disponível em http://www.labgis.uerj.br/downloads/webinar_qualidade_04122012/Artigo.pdf. Acesso em 25/11/2013

DSG - CONCAR - **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 2ª Edição, 10 Junho 2011.

DOMINGUES, C. V.; FRANÇOSO, M. T. **Aplicação de Geoprocessamento no Processo de Modernização da Gestão Municipal**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 1, n. 60, 2009.

FGDC - USA Federal Geographic Data Committee Data **Geospatial Positioning Accuracy Standards - Part 1: Reporting Methodology** Committee Secretariat Virginia 1998a

FGDC - USA Federal Geographic Data Committee Data **Geospatial Positioning Accuracy Standards - Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy** Committee Secretariat Virginia 1998b

GALO, M.; CAMARGO, P.O. **Utilização do GPS no Controle da Qualidade de Carta**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário., páginas 41-48 Florianópolis, 1994

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas**. Ed. UFPR, Curitiba, 1994, 319 páginas

GIAA - Geomatics Industry Association of America, 2002. **DIN 18723 Specification for Theodolite Accuracy**. Professional Surveyor Magazine, nov. 2002. Disponível em: <http://www.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=988>. Acesso em 21/11/2013

IBGE. **Ajustamento da rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro -1996 Relatório técnico. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/rel_sad69.pdf. Acesso em 30 de agosto de 2013.

IBGE. **Resolução do IBGE nº 1, de 25/02/2005 que estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS)** Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencia_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf acesso em 01/09/2013

IBGE. **Resolução do IBGE nº 23, de 25/02/1989 Altera o Apêndice II da R.PR-22/83** Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/rpr_2389.pdf acesso em 01/09/2013

IBGE. **Resolução do IBGE nº 22, de 21-07-83** Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/bservico1602.pdf> acesso em 01/09/2013

IBGE. **SISTEMAS DE REFERÊNCIA**. Rio de Janeiro 2011 Disponível em ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2.pdf acesso em 01/09/2013

IDOETA, I. V. **Concepção de Bases Cartográficas para Projetos de Engenharia**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001

ISHIKAWA, M. I. **Potencialidades de Uso de Imagens Ikonos/Geo para Aplicações em Áreas Urbanas** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Cartográficas pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. - 2001

ISO - INTERNATIONAL STANDARD **Norma ISO 2859-1 - Sampling procedures for inspection by attributes - Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection** -1999

ISO INTERNATIONAL STANDARD **Norma ISO 19114 - Geographic information - Quality evaluation procedures** Geneva, 2003

JÚNIOR, J. B. N.; MONICO, J. F. G.; TACHIBANA V. M. - **Tamanho da amostra no controle de qualidade posicional de dados cartográficos** in Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 10, no 1, p.101-112, jan-jun, 2004

JUNIOR, J. G. **Ortorretificação de imagens de alta resolução para aplicação em cadastro técnico rural e mapeamento de áreas de preservação permanente e reservas legais**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

LOPEZ, F.; JAVIER, A.; GORDO, A. D. J. A.; NERO, M. A. . **Análisis de Algunas Metodologías de Evaluación de la Componente Posicional. Topografía y cartografía**: Revista del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, v. 24, p. 32-45, 2007.

KAZMIER, J. L. **Estatística aplicada à economia e administração** – McGraw- Hill São Paulo 1982

KERSKI, J. E CLARK, J. **The Gis Guide to Public Domain Data**. Esri Press, New York USA, 2012

LAZZAROTTO, D. R. **Avaliação da qualidade de base cartográfica por meio de indicadores e sistema de inferência Fuzzy**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

LEAL, P. R. G. **Controle de Qualidade em Cartografia - Proposta Metodológica para Avaliação das Cartas Topográficas do Mapeamento Sistemático Nacional** (Dissertação Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina - 2007

LIMA, C DE L. **O Levantamento Pioneiro da SARA Brasil: Histórico, Tecnologia Empregada e Avaliação dos Produtos**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013,

LOPES, E. E. **Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas**. 2009 Dissertação Mestrado Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

LUNARDI O. A.; PENHA, A.DE L.T.; CERQUEIRA, R. W. **O Exército Brasileiro e os Padrões de Dados Geoespaciais para a INDE** in IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, Maio de 2012

MERCHANT, D. C. **Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps** Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping, v.1, p. 222-231, 1982

MINITAB, I. **Minitab reference manual (Release 17)**. State Coll., USA, 2013.

MONICO, J. F. G.; DAL POZ, A. P.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C. **Acurácia e Precisão: Revendo os conceitos de forma acurada**. In Boletim de Ciências Geodésicas v. 15 no. 3, p. 469-483. Curitiba. 2009. Brasil.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C., **Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MORAES, I. B. C. M., SILVA, C. C. B.; BARBOSA, L. G. **Comparação das transformações de coordenadas entre os softwares Spring 4.3.3 e Pci 9.0. II SIMGEO** - Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação 2008 Recife. Disponível em http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/geo/113.pdf. Acesso em 08/08/2013

MOHAMMED, N. Z.; GHAZI, A.; MUSTAFA, H. E. **Positional Accuracy Testing of Google Earth**. International Journal of Multidisciplinary Sciences an Engineering. Vol 4, No 6 July 2013

NERO, M. A. **Propostas para o Controle de Qualidade de Bases Cartográficas com Ênfase na Componente Posicional**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-04112005-110341/>>. Acesso em: 2013-06-09.

OLIVEIRA, F. V.; NOGUEIRA, R. E. **Consequências da Mudança de Datum na Representação Cartográfica Direcionada para Ambiente SIG**. In Portal de Cartografia. Londrina, v.3, n.1, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/viewFile/7357/6623> . Acesso em 30 de agosto de 2013

OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; TURANI, M.; REINHARDT, A. O.; DA SILVA R. M. - **Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: Uma análise de exatidão para o Município de São Leopoldo/RS**. - PLURIS 2010 4ª Congresso Luso Brasileiro para Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável – 2010 Faro Portugal

OLIVEIRA, L.C.; MONICO, J.F.G.; SANTOS, M.C.; BLITZKOW, D. **Some Considerations Related to the New Realization of SAD-69 in Brazil. Advances in Positioning and Reference Frames**. F.K. Brunner (Ed.) Berlin, Springer Verlag. International Association of Geodesy Symposia, v.118, 1998. p.205-210.

PACILÉO, N. **Campo de provas para instrumentos de medição e posicionamento**. 1997. 160p. Trabalho de Livre-Docente - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PENDLETON, C. **The World According to Bing**. IEEE Computer Graphics and Applications pag. 15 a 17 July/August 2010.

POTERE D. **Horizontal Positional Accuracy of Google Earth's High-Resolution Imagery Archive**. *Sensors* 2008

QUINTANILHA, J. A. **Erros em Bases Digitais de Dados Espaciais para uso em Sistemas de Informação Geográfica** Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996

ROCHA, R. D. S. D. - **Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas** - Tese (doutorado) apresentada na Universidade Federal de Santa Catarina no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis, SC – BR, 2002.

SANTOS, A. D. P. dos **Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais com o Uso Da Estatística Espacial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2010a

SANTOS, S. D. R.; HUINCA, S. C. M.; MELO, L. F. D. S.; DA SILVA, M. T. Q. S., & DELAZARI, L. S. **Considerações sobre a utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos dias atuais**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, 27-30. 2010b

SANTOS, D. R. **Fotogrametria I** - Departamento de Geomática UFPR . 2009

SECRETARIA DE FINANÇAS E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO **CONCORRÊNCIA SF/CJL.1 Nº 001/2002 – objeto: Contratação de empresa para a prestação de serviços técnicos especializados de Mapeamento Digital, por meio de levantamento aerofotogramétrico** Processo nº 2002-0.176.520-5 – São Paulo, 2002

SILVA, L. A. E; NAZARENO, N. R. X.R. **Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 1723-1730

SILVA, H. S. **Compreendendo os efeitos da Projeção nas Imagens Aéreas - Esteio** Engenharia e Aerolevantamentos, 2008. Disponível em: http://www.esteio.com.br/downloads/2008/Efeitos_Da_Projecao_A.pdf. Acesso em 03/10/2014

SILVEIRA, G C.;SASSAKI, A.S.A.; NEVES C.E.; SILVA E. A.; ISHIKAWA, M. I. **Escala Máxima de Uso de Produto Ikonos-Geo: Estudo de Caso para Araçoiaba da Serra.** In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Goiana 2005

SMITH,. M. et al. **Geopositional Accuracy Assessment of EarthSat Geocover Landsat Orthorectified Imagery.** ASPRS 2004 Annual Conference; 23-28 May 2004; Denver, CO; United States 2004.

SVENNERBERG, G. **Beginning Google Maps API** Apress 2010 New York USA, 2010

UBUKAWA, T. **An Evaluation of Horizontal Positional Accuracy of Google and Bing Imagery and Three Roads Data Sets Based on High Satellite Imagery.** 2013

VEIGA, A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L., **FUNDAMENTOS DE TOPOGRAFIA** Engenharia Cartográfica e de Agrimensura - Universidade Federal do Paraná, 2012

ZANETTI, M. A. Z. **Implicações atuais no relacionamento entre sistemas terrestres de referência de origem local e geocêntrica.** PPGCG. UFPR. Curitiba:2006.

REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BRYN, L. M. **Transformação entre referência Geodésicos** Engenharia Cartográfica da UFRGS 2005 Rio Grande do Sul Disponível em <http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/inicial.html>. Acesso em 01/09/2013.

DIGITALGLOBE **Geolocation Accuracy of WorldView Products Geolocation Accuracy of WorldView Products** Disponível em : http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/WorldView_Geolocation_Accuracy.pdf .Acesso em 24/10/2013.

ISO - INTERNATIONAL STANDARD - Norma ISO 19114 ISO/TC 211 Geographic information - Quality evaluation procedures 2003

ISO - INTERNATIONAL STANDARD - Norma ISO 19115 ISO/TC 211 Geographic information - Metadata 2002

ISO - INTERNATIONAL STANDARD - Norma ISO 19113 ISO/TC 211 Geographic information - Quality principles 2002

NOGUEIRA, J. B. J. **Controle de Qualidade de produtos Cartográficos: uma Proposta metodológica**. [2004].Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2003.

OLIVEIRA, L.C. **Realizações do Sistema Geodésico Brasileiro Associadas ao SAD 69 - Uma Proposta Metodológica de Transformação**. São Paulo, 1998. 225p. Tese (Doutorado) - Departamento de Transportes, Universidade de São Paulo.

OSBORNE, P. **The Mercator Projections -the normal and transverse mercator projections on the sphere and the ellipsoid with full derivations of all formulae** . Edinburgh, 2013 disponível em <http://www.mercator.myzen.co.uk/> **acesso em 02/08/2013**

**APÊNDICE 1 – TABELAS DAS COORDENADAS DOS PONTOS DE CONTROLE
DOS PONTOS HOMÓLOGOS E DAS DISCREPÂNCIAS PARA O GOOGLE MAPS
GERAL, GOOGLE MAPS IMAGEM, GOOGLE MAPS ORTO, BING MAPS E PARA
A BASE DA ESRI**

Apêndice 1.1 - Coordenadas dos Pontos de Controle, dos Pontos homólogos e Discrepâncias para o Google Maps

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,214	-2690728,992	-5169580,105	-2690725,667	1,891	-3,325
2	-5184838,916	-2680861,715	-5184835,927	-2680862,799	-2,989	1,084
5	-5204864,878	-2680260,503	-5204863,606	-2680261,768	-1,272	1,264
6	-5210273,710	-2682536,913	-5210273,961	-2682532,304	0,251	-4,609
8	-5209895,315	-2684985,708	-5209892,462	-2684985,225	-2,852	-0,483
9	-5205158,066	-2684921,811	-5205157,980	-2684920,255	-0,086	-1,556
10	-5200920,015	-2684561,389	-5200917,003	-2684564,095	-3,012	2,706
11	-5196948,944	-2686313,591	-5196948,414	-2686314,833	-0,530	1,242
12	-5192407,846	-2686760,149	-5192406,852	-2686761,161	-0,993	1,012
13	-5187529,867	-2685398,667	-5187526,585	-2685402,644	-3,281	3,977
14	-5184007,640	-2684922,384	-5184011,707	-2684921,645	4,067	-0,739
15	-5163419,334	-2691252,503	-5163423,038	-2691254,487	3,704	1,984
16	-5175091,004	-2690684,544	-5175092,068	-2690681,407	1,064	-3,137
17	-5183729,267	-2689090,320	-5183730,995	-2689090,126	1,728	-0,194
18	-5187761,729	-2688932,616	-5187758,358	-2688936,122	-3,371	3,506
19	-5192548,376	-2688922,229	-5192547,367	-2688924,476	-1,009	2,247
20	-5196426,088	-2689219,745	-5196423,573	-2689221,829	-2,514	2,084
21	-5201162,261	-2689158,139	-5201159,530	-2689160,608	-2,731	2,469
22	-5204869,639	-2689439,368	-5204866,496	-2689442,701	-3,143	3,333
23	-5209778,826	-2688760,092	-5209769,430	-2688762,650		
24	-5205222,214	-2693436,228	-5205222,139	-2693436,974	-0,075	0,746
25	-5201199,929	-2693685,443	-5201199,062	-2693687,319	-0,866	1,876
26	-5194732,413	-2691571,465	-5194732,413	-2691571,941	0,000	0,476
27	-5196487,301	-2693683,124	-5196487,073	-2693683,236	-0,228	0,112
28	-5192550,447	-2693624,430	-5192551,373	-2693623,901	0,926	-0,529
29	-5188322,291	-2693678,900	-5188322,688	-2693678,504	0,397	-0,397
30	-5183741,643	-2693483,412	-5183743,866	-2693484,382	2,223	0,970
31	-5178942,456	-2693756,541	-5178944,652	-2693753,234	2,196	-3,307
32	-5175071,391	-2693432,966	-5175072,608	-2693429,304	1,217	-3,662
33	-5170455,704	-2693761,437	-5170456,925	-2693758,006	1,220	-3,431
34	-5166009,818	-2693429,454	-5166011,826	-2693426,019	2,007	-3,435
35	-5205085,835	-2697889,086	-5205084,167	-2697891,428	-1,668	2,342
36	-5200349,890	-2698143,805	-5200350,103	-2698143,918	0,213	0,114
37	-5193913,807	-2695096,699	-5193913,702	-2695096,174	-0,105	-0,525
38	-5196734,295	-2695695,090	-5196733,160	-2695695,078	-1,135	-0,011
39	-5190167,783	-2695615,935	-5190168,179	-2695615,737	0,397	-0,198
40	-5196190,334	-2698079,145	-5196190,706	-2698078,902	0,372	-0,243

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
41	-5193632,041	-2698335,566	-5193633,629	-2698335,434	1,587	-0,132
42	-5188200,021	-2697861,137	-5188200,418	-2697860,740	0,397	-0,397
43	-5183710,257	-2698297,663	-5183710,932	-2698296,591	0,675	-1,072
44	-5178925,103	-2697892,719	-5178926,980	-2697888,562	1,878	-4,157
45	-5174980,766	-2697994,104	-5174980,004	-2697993,971	-0,762	-0,133
46	-5170165,677	-2697805,131	-5170166,539	-2697806,738	0,862	1,607
47	-5166048,081	-2698145,832	-5166053,373	-2698145,104	5,292	-0,728
48	-5198594,260	-2699932,347	-5198594,075	-2699932,466	-0,185	0,119
49	-5194418,488	-2699927,659	-5194418,731	-2699927,104	0,243	-0,555
50	-5190252,330	-2700120,883	-5190253,758	-2700120,195	1,429	-0,688
51	-5210503,183	-2703922,840	-5210498,872	-2703922,942	-4,311	0,103
52	-5204263,953	-2702601,688	-5204264,165	-2702601,583	0,212	-0,106
53	-5200939,207	-2702606,213	-5200938,033	-2702606,659	-1,175	0,446
54	-5196273,181	-2702202,061	-5196273,239	-2702202,178	0,058	0,117
55	-5192502,929	-2702640,337	-5192502,882	-2702640,243	-0,047	-0,094
56	-5187428,175	-2702656,906	-5187429,498	-2702656,059	1,323	-0,847
57	-5183640,308	-2702609,723	-5183640,308	-2702612,210	0,000	2,487
58	-5178899,653	-2702296,798	-5178902,966	-2702297,614	3,313	0,816
59	-5174989,459	-2702335,974	-5174996,127	-2702339,520	6,668	3,545
60	-5170048,075	-2702581,562	-5170054,192	-2702585,055	6,117	3,493
61	-5166517,099	-2702644,267	-5166520,795	-2702648,433	3,697	4,166
62	-5201165,917	-2706691,912	-5201164,935	-2706690,708	-0,982	-1,204
63	-5205123,858	-2706834,128	-5205122,459	-2706834,122	-1,399	-0,006
64	-5196262,847	-2706991,351	-5196263,414	-2706991,416	0,567	0,065
65	-5192445,506	-2706884,762	-5192446,765	-2706884,148	1,259	-0,614
66	-5188350,560	-2707114,694	-5188350,496	-2707115,051	-0,064	0,357
67	-5183137,134	-2705329,267	-5183141,473	-2705331,298	4,340	2,031
68	-5178973,500	-2705438,733	-5178970,001	-2705441,492	-3,499	2,759
69	-5175024,730	-2706819,172	-5175023,832	-2706817,568	-0,898	-1,604
70	-5170093,685	-2707034,689	-5170091,421	-2707036,402	-2,264	1,713
71	-5166515,908	-2706971,438	-5166513,821	-2706967,709	-2,088	-3,729
72	-5202829,575	-2709213,171	-5202829,207	-2709212,769	-0,369	-0,402
73	-5194711,810	-2709525,924	-5194712,150	-2709525,872	0,340	-0,051
74	-5170208,343	-2709214,947	-5170210,972	-2709216,099	2,628	1,152
75	-5208562,829	-2711209,510	-5208561,668	-2711208,047	-1,161	-1,463
76	-5204746,999	-2711442,812	-5204747,506	-2711442,862	0,507	0,051
77	-5201043,720	-2711560,011	-5201043,915	-2711559,958	0,195	-0,053
78	-5196302,442	-2711239,534	-5196302,474	-2711239,089	0,032	-0,445
79	-5192370,663	-2711592,669	-5192367,484	-2711595,713	-3,180	3,044
80	-5187888,298	-2710748,790	-5187879,190	-2710751,773	-9,108	2,983
81	-5209247,496	-2715757,660	-5209240,936	-2715759,683	-6,561	2,023
82	-5204897,596	-2715322,295	-5204896,120	-2715319,257	-1,476	-3,038

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
83	-5200309,791	-2715150,993	-5200308,240	-2715149,924	-1,551	-1,069
84	-5199843,936	-2715241,579	-5199842,067	-2715239,115	-1,869	-2,464
85	-5196278,558	-2715583,231	-5196277,868	-2715581,203	-0,691	-2,027
86	-5192305,511	-2715531,471	-5192306,721	-2715529,384	1,209	-2,087
87	-5209053,033	-2719668,411	-5209048,434	-2719668,498	-4,599	0,088
88	-5204868,535	-2719548,031	-5204866,371	-2719544,072	-2,164	-3,960
89	-5200528,747	-2719844,895	-5200523,284	-2719842,550	-5,463	-2,345
90	-5196549,653	-2719421,510	-5196552,067	-2719419,936	2,414	-1,574
91	-5189304,334	-2718295,886	-5189301,652	-2718293,962	-2,682	-1,924
92	-5208196,132	-2722270,590	-5208192,021	-2722269,204	-4,111	-1,387
93	-5200795,793	-2724204,843	-5200788,038	-2724206,516	-7,755	1,673
94	-5196350,954	-2724113,470	-5196343,348	-2724115,947	-7,606	2,476
95	-5194607,903	-2723334,569	-5194604,087	-2723333,683	-3,816	-0,886
96	-5196751,309	-2727933,720	-5196748,460	-2727934,445	-2,849	0,725
97	-5201294,944	-2728477,786	-5201292,910	-2728475,485	-2,033	-2,301
98	-5205110,951	-2729090,386	-5205107,141	-2729088,994	-3,810	-1,392
99	-5198355,140	-2732562,580	-5198346,136	-2732566,205	-9,004	3,625
100	-5203297,846	-2734874,517	-5203294,262	-2734873,102	-3,584	-1,416
101	-5200319,508	-2737081,686	-5200315,052	-2737079,782	-4,456	-1,904
102	-5197684,987	-2737462,401	-5197678,290	-2737463,085	-6,698	0,684
103	-5200974,422	-2732871,934	-5200963,611	-2732875,004	-10,812	3,069
104	-5163123,469	-2703055,006	-5163116,250	-2703055,159	-7,220	0,153
105	-5199173,979	-2704059,929	-5199173,450	-2704058,871	-0,529	-1,058
106	-5194455,253	-2704301,391	-5194455,288	-2704301,155	0,035	-0,236
107	-5205496,222	-2724606,045	-5205489,635	-2724606,360	-6,587	0,315
108	-5198193,276	-2707956,622	-5198194,005	-2707955,616	0,730	-1,007
109	-5180401,108	-2690983,109	-5180401,738	-2690981,916	0,630	-1,192
110	-5191363,692	-2719004,429	-5191364,846	-2719003,011	1,154	-1,418
111	-5161984,505	-2693528,208	-5161984,900	-2693530,979	0,394	2,770
112	-5206019,649	-2681384,577	-5206017,962	-2681385,083	-1,687	0,506
113	-5207884,713	-2684214,743	-5207882,071	-2684218,008	-2,641	3,265
114	-5201910,502	-2683846,685	-5201910,357	-2683847,339	-0,146	0,654
115	-5208740,646	-2686459,395	-5208736,308	-2686459,384	-4,338	-0,011
116	-5208147,332	-2688610,502	-5208147,147	-2688611,342	-0,185	0,839
117	-5202842,431	-2686356,968	-5202842,699	-2686358,075	0,268	1,107
118	-5198595,361	-2686755,336	-5198594,701	-2686756,323	-0,660	0,987
119	-5199013,485	-2689247,028	-5199012,929	-2689248,556	-0,556	1,527
120	-5185528,704	-2683629,764	-5185526,082	-2683632,793	-2,622	3,029
121	-5190766,555	-2686527,704	-5190761,717	-2686531,946	-4,838	4,242
122	-5204896,550	-2691589,755	-5204891,791	-2691591,887	-4,759	2,132
123	-5202684,820	-2691876,349	-5202683,678	-2691877,746	-1,142	1,398
124	-5199362,934	-2691257,875	-5199358,814	-2691258,203	-4,120	0,329

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
125	-5192345,775	-2691962,391	-5192346,107	-2691962,041	0,332	-0,350
126	-5190525,441	-2689667,333	-5190519,456	-2689669,584	-5,986	2,251
127	-5185561,344	-2689070,290	-5185560,044	-2689071,241	-1,300	0,951
128	-5177997,902	-2689383,552	-5178000,059	-2689379,004	2,157	-4,548
129	-5190430,809	-2691626,454	-5190428,402	-2691629,085	-2,407	2,631
130	-5188271,060	-2691426,342	-5188269,976	-2691426,987	-1,084	0,645
131	-5185261,382	-2690941,756	-5185263,884	-2690938,407	2,502	-3,348
132	-5177000,855	-2691773,880	-5177003,781	-2691770,251	2,926	-3,629
133	-5171541,927	-2691818,408	-5171544,190	-2691814,839	2,263	-3,568
134	-5167845,820	-2689704,003	-5167847,300	-2689698,413	1,480	-5,590
135	-5166285,593	-2690046,582	-5166288,945	-2690041,627	3,352	-4,954
136	-5163396,119	-2690091,768	-5163397,068	-2690091,645	0,949	-0,123
137	-5166219,982	-2691695,383	-5166221,530	-2691691,990	1,548	-3,393
138	-5203639,333	-2695376,402	-5203635,665	-2695378,428	-3,667	2,026
139	-5199886,181	-2695970,737	-5199884,200	-2695972,717	-1,981	1,981
140	-5197341,875	-2694026,655	-5197343,030	-2694026,558	1,155	-0,097
141	-5190634,116	-2693869,516	-5190635,843	-2693869,143	1,727	-0,373
142	-5210593,108	-2702883,906	-5210595,069	-2702877,576	1,960	-6,330
143	-5192042,433	-2695151,983	-5192043,412	-2695151,741	0,979	-0,242
144	-5193476,848	-2696599,803	-5193478,571	-2696599,451	1,724	-0,352
145	-5185453,956	-2693942,285	-5185454,015	-2693941,438	0,058	-0,847
146	-5185344,280	-2696237,773	-5185344,046	-2696237,822	-0,234	0,049
147	-5177284,885	-2694235,431	-5177285,539	-2694232,451	0,654	-2,980
148	-5181668,397	-2695880,852	-5181670,531	-2695876,804	2,134	-4,049
149	-5178403,451	-2696082,851	-5178406,448	-2696079,329	2,997	-3,522
150	-5175424,467	-2696189,880	-5175423,937	-2696189,874	-0,530	-0,006
151	-5172018,607	-2696388,164	-5172018,510	-2696387,324	-0,097	-0,840
152	-5168398,204	-2693962,496	-5168402,249	-2693956,443	4,046	-6,053
153	-5164146,443	-2694209,383	-5164150,375	-2694204,864	3,932	-4,519
154	-5167782,164	-2695962,924	-5167785,333	-2695958,581	3,169	-4,343
155	-5164865,012	-2696118,998	-5164867,562	-2696115,260	2,550	-3,737
156	-5164272,911	-2698628,296	-5164275,347	-2698625,003	2,437	-3,293
157	-5206218,702	-2701074,858	-5206215,844	-2701077,277	-2,858	2,420
158	-5203816,853	-2699335,367	-5203812,679	-2699338,906	-4,174	3,539
159	-5198244,005	-2697935,607	-5198243,889	-2697935,803	-0,116	0,196
160	-5196541,969	-2699198,152	-5196542,130	-2699198,088	0,162	-0,065
161	-5188303,330	-2698996,786	-5188303,247	-2698995,897	-0,083	-0,889
162	-5208174,223	-2703276,206	-5208178,307	-2703273,577	4,084	-2,629
163	-5206097,444	-2704219,398	-5206096,963	-2704218,904	-0,480	-0,494
164	-5204665,974	-2704433,829	-5204665,184	-2704433,044	-0,790	-0,785
165	-5201391,452	-2704307,568	-5201391,832	-2704307,763	0,380	0,194
166	-5199321,571	-2702421,117	-5199322,476	-2702421,505	0,905	0,388

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
167	-5196530,608	-2704497,285	-5196531,308	-2704497,057	0,700	-0,228
168	-5190758,260	-2702742,492	-5190761,522	-2702741,144	3,262	-1,349
169	-5188840,213	-2701299,397	-5188840,870	-2701299,550	0,657	0,153
170	-5186163,288	-2702281,723	-5186163,842	-2702281,135	0,555	-0,588
171	-5185337,885	-2700459,696	-5185337,442	-2700459,457	-0,443	-0,239
172	-5181961,515	-2699922,470	-5181961,275	-2699920,991	-0,240	-1,479
173	-5180060,827	-2700279,817	-5180061,352	-2700276,376	0,525	-3,441
174	-5177279,980	-2700660,825	-5177282,236	-2700657,829	2,256	-2,997
175	-5173208,023	-2700604,358	-5173210,638	-2700604,672	2,615	0,314
176	-5171408,356	-2700004,707	-5171409,459	-2700002,903	1,103	-1,804
177	-5165530,562	-2700644,404	-5165530,770	-2700642,474	0,208	-1,930
178	-5177438,000	-2702249,503	-5177438,937	-2702247,435	0,936	-2,068
179	-5177188,682	-2704871,379	-5177186,774	-2704874,841	-1,908	3,463
180	-5174429,217	-2705171,272	-5174428,466	-2705171,905	-0,751	0,633
181	-5171234,506	-2705020,847	-5171236,334	-2705017,280	1,829	-3,568
182	-5168665,230	-2705163,504	-5168665,607	-2705162,915	0,377	-0,589
183	-5166085,619	-2705494,612	-5166085,304	-2705493,421	-0,315	-1,191
184	-5164608,688	-2704886,171	-5164600,672	-2704885,923	-8,016	-0,248
185	-5172196,187	-2707884,980	-5172197,248	-2707889,234	1,061	4,254
186	-5189962,813	-2705211,177	-5189963,978	-2705211,391	1,165	0,214
187	-5191627,800	-2710171,001	-5191626,412	-2710168,966	-1,388	-2,036
188	-5190177,178	-2707734,966	-5190177,472	-2707735,807	0,294	0,841
189	-5185371,174	-2706194,963	-5185369,934	-2706196,534	-1,240	1,571
190	-5185735,961	-2708486,894	-5185733,662	-2708489,277	-2,299	2,383
191	-5206352,159	-2708792,225	-5206350,588	-2708790,881	-1,570	-1,344
192	-5209298,577	-2713980,530	-5209290,938	-2713980,953	-7,640	0,423
193	-5207252,619	-2713524,896	-5207254,179	-2713523,407	1,560	-1,489
194	-5204862,234	-2712951,206	-5204860,724	-2712950,831	-1,510	-0,376
195	-5202621,439	-2713725,403	-5202617,506	-2713722,356	-3,933	-3,047
196	-5198503,513	-2711439,864	-5198504,367	-2711439,889	0,854	0,025
197	-5199339,482	-2713289,841	-5199339,067	-2713286,534	-0,414	-3,307
198	-5195757,208	-2713831,447	-5195755,231	-2713829,760	-1,976	-1,688
199	-5193536,522	-2713885,558	-5193540,558	-2713884,573	4,036	-0,984
200	-5191515,912	-2713925,228	-5191517,853	-2713924,466	1,941	-0,763
201	-5191035,479	-2717062,394	-5191034,750	-2717060,012	-0,730	-2,382
202	-5207222,024	-2715551,168	-5207222,852	-2715550,335	0,828	-0,833
203	-5207483,531	-2718490,923	-5207481,031	-2718489,110	-2,500	-1,813
204	-5199345,986	-2719200,030	-5199345,002	-2719198,373	-0,984	-1,657
205	-5199389,415	-2721328,788	-5199382,187	-2721329,076	-7,228	0,288
206	-5196959,588	-2722005,192	-5196952,000	-2722007,003	-7,588	1,811
207	-5194169,592	-2722259,654	-5194165,369	-2722258,197	-4,222	-1,458
208	-5199381,283	-2724602,876	-5199376,259	-2724604,663	-5,024	1,787

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
209	-5199395,275	-2726416,592	-5199388,810	-2726417,709	-6,465	1,116
210	-5194631,602	-2726554,235	-5194626,906	-2726553,611	-4,696	-0,624
211	-5202993,500	-2734051,361	-5202989,168	-2734051,094	-4,332	-0,267
212	-5199281,340	-2735957,518	-5199277,258	-2735957,375	-4,082	-0,143
213	-5203452,717	-2681469,914	-5203453,550	-2681470,451	0,833	0,537
214	-5202663,593	-2698535,982	-5202661,152	-2698538,781	-2,441	2,799
215	-5201887,983	-2708325,750	-5201889,555	-2708325,493	1,573	-0,256
216	-5197915,129	-2695830,659	-5197915,485	-2695830,667	0,355	0,007
217	-5194433,058	-2693566,765	-5194434,797	-2693566,217	1,739	-0,548
218	-5191112,199	-2696631,488	-5191110,151	-2696631,905	-2,047	0,417
219	-5200384,824	-2699037,280	-5200385,031	-2699037,299	0,207	0,019
220	-5199323,472	-2701035,166	-5199324,698	-2701033,292	1,226	-1,874
221	-5191562,931	-2698013,353	-5191563,944	-2698009,841	1,014	-3,512
222	-5195282,218	-2701032,683	-5195282,916	-2701031,984	0,698	-0,699
223	-5193350,110	-2701356,178	-5193350,534	-2701355,784	0,425	-0,395
224	-5191614,220	-2700796,898	-5191615,180	-2700797,040	0,959	0,142
225	-5203445,102	-2703902,726	-5203445,636	-2703902,556	0,534	-0,171
226	-5202662,272	-2706126,061	-5202662,233	-2706125,861	-0,039	-0,200
227	-5200422,365	-2705537,552	-5200425,770	-2705538,605	3,405	1,053
228	-5197925,018	-2705474,551	-5197924,700	-2705474,568	-0,318	0,017
229	-5199783,607	-2707080,687	-5199783,833	-2707079,216	0,226	-1,471
230	-5194766,533	-2702999,540	-5194767,467	-2702998,734	0,934	-0,806
231	-5191805,237	-2703645,636	-5191805,199	-2703645,229	-0,038	-0,407
232	-5193700,270	-2705792,941	-5193701,512	-2705792,593	1,242	-0,348
233	-5187822,740	-2695721,531	-5187823,792	-2695720,596	1,052	-0,935
234	-5190103,769	-2698009,896	-5190104,261	-2698009,116	0,492	-0,779
235	-5189027,230	-2703410,883	-5189027,195	-2703411,043	-0,035	0,160
236	-5188115,158	-2705148,502	-5188116,676	-2705148,507	1,517	0,006
237	-5186447,217	-2703958,736	-5186441,787	-2703958,971		
238	-5204202,294	-2709088,939	-5204202,547	-2709088,657	0,253	-0,282
239	-5199993,922	-2709855,975	-5199994,248	-2709856,111	0,326	0,137
240	-5203064,380	-2710597,056	-5203061,659	-2710597,953	-2,721	0,896
241	-5197061,951	-2708544,781	-5197062,373	-2708544,468	0,422	-0,313
242	-5192442,770	-2708220,128	-5192443,428	-2708219,202	0,658	-0,925
243	-5194031,765	-2710776,355	-5194033,150	-2710775,090	1,385	-1,265
244	-5194458,858	-2712476,247	-5194460,551	-2712475,245	1,692	-1,003
245	-5193479,810	-2691154,627	-5193479,618	-2691153,775	-0,192	-0,851

Obs. Os pontos onde não existe o cálculo das discrepâncias correspondem aos pontos 23 e 237 que foram retirados na análise do erros grosseiros.

Apêndice 1.2 - Coordenadas dos Pontos de Controle, dos Pontos homólogos e Discrepâncias para o Google Maps para a Área Recoberta com Imagens de Satélite

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Imagem		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,214	-2690728,992	-5169580,105	-2690725,667	1,891	-3,325
2	-5184838,916	-2680861,715	-5184835,927	-2680862,799	-2,989	1,084
5	-5204864,878	-2680260,503	-5204863,606	-2680261,768	-1,272	1,264
6	-5210273,710	-2682536,913	-5210273,961	-2682532,304	0,251	-4,609
9	-5205158,066	-2684921,811	-5205157,980	-2684920,255	-0,086	-1,556
10	-5200920,015	-2684561,389	-5200917,003	-2684564,095	-3,012	2,706
11	-5196948,944	-2686313,591	-5196948,414	-2686314,833	-0,530	1,242
12	-5192407,846	-2686760,149	-5192406,852	-2686761,161	-0,993	1,012
13	-5187529,867	-2685398,667	-5187526,585	-2685402,644	-3,281	3,977
14	-5184007,640	-2684922,384	-5184011,707	-2684921,645	4,067	-0,739
15	-5163419,334	-2691252,503	-5163423,038	-2691254,487	3,704	1,984
16	-5175091,004	-2690684,544	-5175092,068	-2690681,407	1,064	-3,137
17	-5183729,267	-2689090,320	-5183730,995	-2689090,126	1,728	-0,194
18	-5187761,729	-2688932,616	-5187758,358	-2688936,122	-3,371	3,506
19	-5192548,376	-2688922,229	-5192547,367	-2688924,476	-1,009	2,247
20	-5196426,088	-2689219,745	-5196423,573	-2689221,829	-2,514	2,084
21	-5201162,261	-2689158,139	-5201159,530	-2689160,608	-2,731	2,469
22	-5204869,639	-2689439,368	-5204866,496	-2689442,701	-3,143	3,333
8	-5209895,315	-2684985,708	-5209892,462	-2684985,225	-2,852	-0,483
23	-5209778,826	-2688760,092	-5209769,430	-2688762,650		
24	-5205222,214	-2693436,228	-5205222,139	-2693436,974	-0,075	0,746
25	-5201199,929	-2693685,443	-5201199,062	-2693687,319	-0,866	1,876
30	-5183741,643	-2693483,412	-5183743,866	-2693484,382	2,223	0,970
31	-5178942,456	-2693756,541	-5178944,652	-2693753,234	2,196	-3,307
32	-5175071,391	-2693432,966	-5175072,608	-2693429,304	1,217	-3,662
33	-5170455,704	-2693761,437	-5170456,925	-2693758,006	1,220	-3,431
34	-5166009,818	-2693429,454	-5166011,826	-2693426,019	2,007	-3,435
35	-5205085,835	-2697889,086	-5205084,167	-2697891,428	-1,668	2,342
43	-5183710,257	-2698297,663	-5183710,932	-2698296,591	0,675	-1,072
44	-5178925,103	-2697892,719	-5178926,980	-2697888,562	1,878	-4,157
45	-5174980,766	-2697994,104	-5174980,004	-2697993,971	-0,762	-0,133
46	-5170165,677	-2697805,131	-5170166,539	-2697806,738	0,862	1,607
47	-5166048,081	-2698145,832	-5166053,373	-2698145,104	5,292	-0,728
51	-5210503,183	-2703922,840	-5210498,872	-2703922,942	-4,311	0,103
57	-5183640,308	-2702609,723	-5183640,308	-2702612,210	0,000	2,487
58	-5178899,653	-2702296,798	-5178902,966	-2702297,614	3,313	0,816
59	-5174989,459	-2702335,974	-5174996,127	-2702339,520	6,668	3,545
60	-5170048,075	-2702581,562	-5170054,192	-2702585,055	6,117	3,493
61	-5166517,099	-2702644,267	-5166520,795	-2702648,433	3,697	4,166

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Imagem		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
67	-5183137,134	-2705329,267	-5183141,473	-2705331,298	4,340	2,031
68	-5178973,500	-2705438,733	-5178970,001	-2705441,492	-3,499	2,759
69	-5175024,730	-2706819,172	-5175023,832	-2706817,568	-0,898	-1,604
70	-5170093,685	-2707034,689	-5170091,421	-2707036,402	-2,264	1,713
71	-5166515,908	-2706971,438	-5166513,821	-2706967,709	-2,088	-3,729
74	-5170208,343	-2709214,947	-5170210,972	-2709216,099	2,628	1,152
75	-5208562,829	-2711209,510	-5208561,668	-2711208,047	-1,161	-1,463
80	-5187888,298	-2710748,790	-5187879,190	-2710751,773	-9,108	2,983
81	-5209247,496	-2715757,660	-5209240,936	-2715759,683	-6,561	2,023
82	-5204897,596	-2715322,295	-5204896,120	-2715319,257	-1,476	-3,038
83	-5200309,791	-2715150,993	-5200308,240	-2715149,924	-1,551	-1,069
84	-5199843,936	-2715241,579	-5199842,067	-2715239,115	-1,869	-2,464
85	-5196278,558	-2715583,231	-5196277,868	-2715581,203	-0,691	-2,027
86	-5192305,511	-2715531,471	-5192306,721	-2715529,384	1,209	-2,087
87	-5209053,033	-2719668,411	-5209048,434	-2719668,498	-4,599	0,088
88	-5204868,535	-2719548,031	-5204866,371	-2719544,072	-2,164	-3,960
89	-5200528,747	-2719844,895	-5200523,284	-2719842,550	-5,463	-2,345
90	-5196549,653	-2719421,510	-5196552,067	-2719419,936	2,414	-1,574
91	-5189304,334	-2718295,886	-5189301,652	-2718293,962	-2,682	-1,924
92	-5208196,132	-2722270,590	-5208192,021	-2722269,204	-4,111	-1,387
93	-5200795,793	-2724204,843	-5200788,038	-2724206,516	-7,755	1,673
94	-5196350,954	-2724113,470	-5196343,348	-2724115,947	-7,606	2,476
95	-5194607,903	-2723334,569	-5194604,087	-2723333,683	-3,816	-0,886
96	-5196751,309	-2727933,720	-5196748,460	-2727934,445	-2,849	0,725
97	-5201294,944	-2728477,786	-5201292,910	-2728475,485	-2,033	-2,301
98	-5205110,951	-2729090,386	-5205107,141	-2729088,994	-3,810	-1,392
99	-5198355,140	-2732562,580	-5198346,136	-2732566,205	-9,004	3,625
100	-5203297,846	-2734874,517	-5203294,262	-2734873,102	-3,584	-1,416
101	-5200319,508	-2737081,686	-5200315,052	-2737079,782	-4,456	-1,904
102	-5197684,987	-2737462,401	-5197678,290	-2737463,085	-6,698	0,684
103	-5200974,422	-2732871,934	-5200963,611	-2732875,004	-10,812	3,069
104	-5163123,469	-2703055,006	-5163116,250	-2703055,159	-7,220	0,153
107	-5205496,222	-2724606,045	-5205489,635	-2724606,360	-6,587	0,315
109	-5180401,108	-2690983,109	-5180401,738	-2690981,916	0,630	-1,192
110	-5191363,692	-2719004,429	-5191364,846	-2719003,011	1,154	-1,418
111	-5161984,505	-2693528,208	-5161984,900	-2693530,979	0,394	2,770
112	-5206019,649	-2681384,577	-5206017,962	-2681385,083	-1,687	0,506
113	-5207884,713	-2684214,743	-5207882,071	-2684218,008	-2,641	3,265
114	-5201910,502	-2683846,685	-5201910,357	-2683847,339	-0,146	0,654
115	-5208740,646	-2686459,395	-5208736,308	-2686459,384	-4,338	-0,011
116	-5208147,332	-2688610,502	-5208147,147	-2688611,342	-0,185	0,839
117	-5202842,431	-2686356,968	-5202842,699	-2686358,075	0,268	1,107

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Imagem		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
118	-5198595,361	-2686755,336	-5198594,701	-2686756,323	-0,660	0,987
119	-5199013,485	-2689247,028	-5199012,929	-2689248,556	-0,556	1,527
120	-5185528,704	-2683629,764	-5185526,082	-2683632,793	-2,622	3,029
121	-5190766,555	-2686527,704	-5190761,717	-2686531,946	-4,838	4,242
122	-5204896,550	-2691589,755	-5204891,791	-2691591,887	-4,759	2,132
123	-5202684,820	-2691876,349	-5202683,678	-2691877,746	-1,142	1,398
124	-5199362,934	-2691257,875	-5199358,814	-2691258,203	-4,120	0,329
126	-5190525,441	-2689667,333	-5190519,456	-2689669,584	-5,986	2,251
127	-5185561,344	-2689070,290	-5185560,044	-2689071,241	-1,300	0,951
128	-5177997,902	-2689383,552	-5178000,059	-2689379,004	2,157	-4,548
129	-5190430,809	-2691626,454	-5190428,402	-2691629,085	-2,407	2,631
130	-5188271,060	-2691426,342	-5188269,976	-2691426,987	-1,084	0,645
131	-5185261,382	-2690941,756	-5185263,884	-2690938,407	2,502	-3,348
132	-5177000,855	-2691773,880	-5177003,781	-2691770,251	2,926	-3,629
133	-5171541,927	-2691818,408	-5171544,190	-2691814,839	2,263	-3,568
134	-5167845,820	-2689704,003	-5167847,300	-2689698,413	1,480	-5,590
135	-5166285,593	-2690046,582	-5166288,945	-2690041,627	3,352	-4,954
136	-5163396,119	-2690091,768	-5163397,068	-2690091,645	0,949	-0,123
137	-5166219,982	-2691695,383	-5166221,530	-2691691,990	1,548	-3,393
138	-5203639,333	-2695376,402	-5203635,665	-2695378,428	-3,667	2,026
139	-5199886,181	-2695970,737	-5199884,200	-2695972,717	-1,981	1,981
142	-5210593,108	-2702883,906	-5210595,069	-2702877,576	1,960	-6,330
145	-5185453,956	-2693942,285	-5185454,015	-2693941,438	0,058	-0,847
146	-5185344,280	-2696237,773	-5185344,046	-2696237,822	-0,234	0,049
147	-5177284,885	-2694235,431	-5177285,539	-2694232,451	0,654	-2,980
148	-5181668,397	-2695880,852	-5181670,531	-2695876,804	2,134	-4,049
149	-5178403,451	-2696082,851	-5178406,448	-2696079,329	2,997	-3,522
150	-5175424,467	-2696189,880	-5175423,937	-2696189,874	-0,530	-0,006
151	-5172018,607	-2696388,164	-5172018,510	-2696387,324	-0,097	-0,840
152	-5168398,204	-2693962,496	-5168402,249	-2693956,443	4,046	-6,053
153	-5164146,443	-2694209,383	-5164150,375	-2694204,864	3,932	-4,519
154	-5167782,164	-2695962,924	-5167785,333	-2695958,581	3,169	-4,343
155	-5164865,012	-2696118,998	-5164867,562	-2696115,260	2,550	-3,737
156	-5164272,911	-2698628,296	-5164275,347	-2698625,003	2,437	-3,293
157	-5206218,702	-2701074,858	-5206215,844	-2701077,277	-2,858	2,420
158	-5203816,853	-2699335,367	-5203812,679	-2699338,906	-4,174	3,539
162	-5208174,223	-2703276,206	-5208178,307	-2703273,577	4,084	-2,629
171	-5185337,885	-2700459,696	-5185337,442	-2700459,457	-0,443	-0,239
172	-5181961,515	-2699922,470	-5181961,275	-2699920,991	-0,240	-1,479
173	-5180060,827	-2700279,817	-5180061,352	-2700276,376	0,525	-3,441
174	-5177279,980	-2700660,825	-5177282,236	-2700657,829	2,256	-2,997
175	-5173208,023	-2700604,358	-5173210,638	-2700604,672	2,615	0,314

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Imagem		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
176	-5171408,356	-2700004,707	-5171409,459	-2700002,903	1,103	-1,804
177	-5165530,562	-2700644,404	-5165530,770	-2700642,474	0,208	-1,930
178	-5177438,000	-2702249,503	-5177438,937	-2702247,435	0,936	-2,068
179	-5177188,682	-2704871,379	-5177186,774	-2704874,841	-1,908	3,463
180	-5174429,217	-2705171,272	-5174428,466	-2705171,905	-0,751	0,633
181	-5171234,506	-2705020,847	-5171236,334	-2705017,280	1,829	-3,568
182	-5168665,230	-2705163,504	-5168665,607	-2705162,915	0,377	-0,589
183	-5166085,619	-2705494,612	-5166085,304	-2705493,421	-0,315	-1,191
184	-5164608,688	-2704886,171	-5164600,672	-2704885,923	-8,016	-0,248
185	-5172196,187	-2707884,980	-5172197,248	-2707889,234	1,061	4,254
187	-5191627,800	-2710171,001	-5191626,412	-2710168,966	-1,388	-2,036
189	-5185371,174	-2706194,963	-5185369,934	-2706196,534	-1,240	1,571
190	-5185735,961	-2708486,894	-5185733,662	-2708489,277	-2,299	2,383
191	-5206352,159	-2708792,225	-5206350,588	-2708790,881	-1,570	-1,344
192	-5209298,577	-2713980,530	-5209290,938	-2713980,953	-7,640	0,423
193	-5207252,619	-2713524,896	-5207254,179	-2713523,407	1,560	-1,489
194	-5204862,234	-2712951,206	-5204860,724	-2712950,831	-1,510	-0,376
195	-5202621,439	-2713725,403	-5202617,506	-2713722,356	-3,933	-3,047
197	-5199339,482	-2713289,841	-5199339,067	-2713286,534	-0,414	-3,307
198	-5195757,208	-2713831,447	-5195755,231	-2713829,760	-1,976	-1,688
199	-5193536,522	-2713885,558	-5193540,558	-2713884,573	4,036	-0,984
200	-5191515,912	-2713925,228	-5191517,853	-2713924,466	1,941	-0,763
201	-5191035,479	-2717062,394	-5191034,750	-2717060,012	-0,730	-2,382
202	-5207222,024	-2715551,168	-5207222,852	-2715550,335	0,828	-0,833
203	-5207483,531	-2718490,923	-5207481,031	-2718489,110	-2,500	-1,813
204	-5199345,986	-2719200,030	-5199345,002	-2719198,373	-0,984	-1,657
205	-5199389,415	-2721328,788	-5199382,187	-2721329,076	-7,228	0,288
206	-5196959,588	-2722005,192	-5196952,000	-2722007,003	-7,588	1,811
207	-5194169,592	-2722259,654	-5194165,369	-2722258,197	-4,222	-1,458
208	-5199381,283	-2724602,876	-5199376,259	-2724604,663	-5,024	1,787
209	-5199395,275	-2726416,592	-5199388,810	-2726417,709	-6,465	1,116
210	-5194631,602	-2726554,235	-5194626,906	-2726553,611	-4,696	-0,624
211	-5202993,500	-2734051,361	-5202989,168	-2734051,094	-4,332	-0,267
212	-5199281,340	-2735957,518	-5199277,258	-2735957,375	-4,082	-0,143
213	-5203452,717	-2681469,914	-5203453,550	-2681470,451	0,833	0,537
214	-5202663,593	-2698535,982	-5202661,152	-2698538,781	-2,441	2,799

Obs. O ponto onde não existe o cálculo das discrepâncias corresponde ao ponto 23 que foi retirado na Análise do Erros Grosseiros.

Apêndice 1.3 - Coordenadas dos Pontos de Controle, dos Pontos homólogos e Discrepâncias para o Google Maps para a Área Recoberta com Ortofotos

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Ortofoto		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
27	-5196487,301	-2693683,124	-5196487,073	-2693683,236	-0,228	0,112
28	-5192550,447	-2693624,430	-5192551,373	-2693623,901	0,926	-0,529
29	-5188322,291	-2693678,900	-5188322,688	-2693678,504	0,397	-0,397
36	-5200349,890	-2698143,805	-5200350,103	-2698143,918	0,213	0,114
37	-5193913,807	-2695096,699	-5193913,702	-2695096,174	-0,105	-0,525
38	-5196734,295	-2695695,090	-5196733,160	-2695695,078	-1,135	-0,011
39	-5190167,783	-2695615,935	-5190168,179	-2695615,737	0,397	-0,198
40	-5196190,334	-2698079,145	-5196190,706	-2698078,902	0,372	-0,243
41	-5193632,041	-2698335,566	-5193633,629	-2698335,434	1,587	-0,132
42	-5188200,021	-2697861,137	-5188200,418	-2697860,740	0,397	-0,397
48	-5198594,260	-2699932,347	-5198594,075	-2699932,466	-0,185	0,119
49	-5194418,488	-2699927,659	-5194418,731	-2699927,104	0,243	-0,555
50	-5190252,330	-2700120,883	-5190253,758	-2700120,195	1,429	-0,688
52	-5204263,953	-2702601,688	-5204264,165	-2702601,583	0,212	-0,106
53	-5200939,207	-2702606,213	-5200938,033	-2702606,659	-1,175	0,446
54	-5196273,181	-2702202,061	-5196273,239	-2702202,178	0,058	0,117
55	-5192502,929	-2702640,337	-5192502,882	-2702640,243	-0,047	-0,094
56	-5187428,175	-2702656,906	-5187429,498	-2702656,059	1,323	-0,847
62	-5201165,917	-2706691,912	-5201164,935	-2706690,708	-0,982	-1,204
63	-5205123,858	-2706834,128	-5205122,459	-2706834,122	-1,399	-0,006
64	-5196262,847	-2706991,351	-5196263,414	-2706991,416	0,567	0,065
65	-5192445,506	-2706884,762	-5192446,765	-2706884,148	1,259	-0,614
66	-5188350,560	-2707114,694	-5188350,496	-2707115,051	-0,064	0,357
72	-5202829,575	-2709213,171	-5202829,207	-2709212,769	-0,369	-0,402
73	-5194711,810	-2709525,924	-5194712,150	-2709525,872	0,340	-0,051
76	-5204746,999	-2711442,812	-5204747,506	-2711442,862	0,507	0,051
77	-5201043,720	-2711560,011	-5201043,915	-2711559,958	0,195	-0,053
78	-5196302,442	-2711239,534	-5196302,474	-2711239,089	0,032	-0,445
79	-5192370,663	-2711592,669	-5192367,484	-2711595,713	-3,180	3,044
105	-5199173,979	-2704059,929	-5199173,450	-2704058,871	-0,529	-1,058
106	-5194455,253	-2704301,391	-5194455,288	-2704301,155	0,035	-0,236
108	-5198193,276	-2707956,622	-5198194,005	-2707955,616	0,730	-1,007
125	-5192345,775	-2691962,391	-5192346,107	-2691962,041	0,332	-0,350
140	-5197341,875	-2694026,655	-5197343,030	-2694026,558	1,155	-0,097
141	-5190634,116	-2693869,516	-5190635,843	-2693869,143	1,727	-0,373
143	-5192042,433	-2695151,983	-5192043,412	-2695151,741	0,979	-0,242
144	-5193476,848	-2696599,803	-5193478,571	-2696599,451	1,724	-0,352
159	-5198244,005	-2697935,607	-5198243,889	-2697935,803	-0,116	0,196

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Ortofoto		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
160	-5196541,969	-2699198,152	-5196542,130	-2699198,088	0,162	-0,065
161	-5188303,330	-2698996,786	-5188303,247	-2698995,897	-0,083	-0,889
163	-5206097,444	-2704219,398	-5206096,963	-2704218,904	-0,480	-0,494
164	-5204665,974	-2704433,829	-5204665,184	-2704433,044	-0,790	-0,785
165	-5201391,452	-2704307,568	-5201391,832	-2704307,763	0,380	0,194
166	-5199321,571	-2702421,117	-5199322,476	-2702421,505	0,905	0,388
167	-5196530,608	-2704497,285	-5196531,308	-2704497,057	0,700	-0,228
168	-5190758,260	-2702742,492	-5190761,522	-2702741,144	3,262	-1,349
169	-5188840,213	-2701299,397	-5188840,870	-2701299,550	0,657	0,153
170	-5186163,288	-2702281,723	-5186163,842	-2702281,135	0,555	-0,588
186	-5189962,813	-2705211,177	-5189963,978	-2705211,391	1,165	0,214
188	-5190177,178	-2707734,966	-5190177,472	-2707735,807	0,294	0,841
196	-5198503,513	-2711439,864	-5198504,367	-2711439,889	0,854	0,025
215	-5201887,983	-2708325,750	-5201889,555	-2708325,493	1,573	-0,256
216	-5197915,129	-2695830,659	-5197915,485	-2695830,667	0,355	0,007
217	-5194433,058	-2693566,765	-5194434,797	-2693566,217	1,739	-0,548
218	-5191112,199	-2696631,488	-5191110,151	-2696631,905	-2,047	0,417
219	-5200384,824	-2699037,280	-5200385,031	-2699037,299	0,207	0,019
220	-5199323,472	-2701035,166	-5199324,698	-2701033,292	1,226	-1,874
221	-5191562,931	-2698013,353	-5191563,944	-2698009,841	1,014	-3,512
222	-5195282,218	-2701032,683	-5195282,916	-2701031,984	0,698	-0,699
223	-5193350,110	-2701356,178	-5193350,534	-2701355,784	0,425	-0,395
224	-5191614,220	-2700796,898	-5191615,180	-2700797,040	0,959	0,142
225	-5203445,102	-2703902,726	-5203445,636	-2703902,556	0,534	-0,171
226	-5202662,272	-2706126,061	-5202662,233	-2706125,861	-0,039	-0,200
227	-5200422,365	-2705537,552	-5200425,770	-2705538,605	3,405	1,053
228	-5197925,018	-2705474,551	-5197924,700	-2705474,568	-0,318	0,017
229	-5199783,607	-2707080,687	-5199783,833	-2707079,216	0,226	-1,471
230	-5194766,533	-2702999,540	-5194767,467	-2702998,734	0,934	-0,806
231	-5191805,237	-2703645,636	-5191805,199	-2703645,229	-0,038	-0,407
232	-5193700,270	-2705792,941	-5193701,512	-2705792,593	1,242	-0,348
233	-5187822,740	-2695721,531	-5187823,792	-2695720,596	1,052	-0,935
234	-5190103,769	-2698009,896	-5190104,261	-2698009,116	0,492	-0,779
235	-5189027,230	-2703410,883	-5189027,195	-2703411,043	-0,035	0,160
236	-5188115,158	-2705148,502	-5188116,676	-2705148,507	1,517	0,006
237	-5186447,217	-2703958,736	-5186441,787	-2703958,971		
238	-5204202,294	-2709088,939	-5204202,547	-2709088,657	0,253	-0,282
239	-5199993,922	-2709855,975	-5199994,248	-2709856,111	0,326	0,137
240	-5203064,380	-2710597,056	-5203061,659	-2710597,953	-2,721	0,896
241	-5197061,951	-2708544,781	-5197062,373	-2708544,468	0,422	-0,313
242	-5192442,770	-2708220,128	-5192443,428	-2708219,202	0,658	-0,925
243	-5194031,765	-2710776,355	-5194033,150	-2710775,090	1,385	-1,265

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Google Ortofoto		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
244	-5194458,858	-2712476,247	-5194460,551	-2712475,245	1,692	-1,003
245	-5193479,810	-2691154,627	-5193479,618	-2691153,775	-0,192	-0,851

Obs. O ponto onde não existe o cálculo das discrepâncias corresponde ao ponto 237 que foi retirado na Análise do Erros Grosseiros.

Apêndice 1.4 - Coordenadas dos Pontos de Controle, dos Pontos homólogos e Discrepâncias para o Bing Maps

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,214	-2690728,992	-5169578,627	-2690729,290	0,412	0,298
2	-5184838,916	-2680861,715	-5184841,824	-2680858,565	2,909	-3,150
5	-5204864,878	-2680260,503	-5204867,575	-2680257,323	2,697	-3,181
6	-5210273,710	-2682536,913	-5210279,382	-2682535,790	5,672	-1,123
8	-5209895,315	-2684985,708	-5209897,106	-2684986,966	1,792	1,258
9	-5205158,066	-2684921,811	-5205158,158	-2684919,571	0,091	-2,240
10	-5200920,015	-2684561,389	-5200921,334	-2684556,905	1,319	-4,483
11	-5196948,944	-2686313,591	-5196951,554	-2686310,362	2,610	-3,229
12	-5192407,846	-2686760,149	-5192410,292	-2686757,456	2,446	-2,692
13	-5187529,867	-2685398,667	-5187528,843	-2685398,857	-1,024	0,190
14	-5184007,640	-2684922,384	-5184007,540	-2684920,296	-0,100	-2,088
15	-5163419,334	-2691252,503	-5163421,318	-2691255,413	1,984	2,910
16	-5175091,004	-2690684,544	-5175091,372	-2690684,540	0,368	-0,004
17	-5183729,267	-2689090,320	-5183729,609	-2689088,540	0,342	-1,780
18	-5187761,729	-2688932,616	-5187760,078	-2688931,360	-1,651	-1,257
19	-5192548,376	-2688922,229	-5192551,071	-2688918,126	2,695	-4,103
20	-5196426,088	-2689219,745	-5196428,495	-2689216,114	2,407	-3,631
21	-5201162,261	-2689158,139	-5201164,425	-2689154,179	2,163	-3,960
22	-5204869,639	-2689439,368	-5204872,264	-2689435,875	2,625	-3,493
23	-5209778,826	-2688760,092	-5209783,194	-2688761,832		
24	-5205222,214	-2693436,228	-5205224,203	-2693434,752	1,989	-1,476
25	-5201199,929	-2693685,443	-5201202,546	-2693682,674	2,617	-2,769
26	-5194732,413	-2691571,465	-5194735,853	-2691568,396	3,440	-3,069
27	-5196487,301	-2693683,124	-5196489,936	-2693678,551	2,635	-4,573
28	-5192550,447	-2693624,430	-5192550,765	-2693618,477	0,317	-5,953
29	-5188322,291	-2693678,900	-5188322,688	-2693676,651	0,397	-2,249
30	-5183741,643	-2693483,412	-5183741,670	-2693482,107	0,026	-1,305
31	-5178942,456	-2693756,541	-5178944,618	-2693753,698	2,162	-2,844
32	-5175071,391	-2693432,966	-5175072,661	-2693429,357	1,270	-3,609
33	-5170455,704	-2693761,437	-5170454,702	-2693760,732	-1,002	-0,706
34	-5166009,818	-2693429,454	-5166010,450	-2693430,411	0,632	0,957
35	-5205085,835	-2697889,086	-5205087,871	-2697887,935	2,036	-1,150
36	-5200349,890	-2698143,805	-5200351,839	-2698139,730	1,949	-4,075
37	-5193913,807	-2695096,699	-5193916,391	-2695092,499	2,585	-4,200
38	-5196734,295	-2695695,090	-5196735,974	-2695692,396	1,679	-2,694
39	-5190167,783	-2695615,935	-5190170,032	-2695611,768	2,249	-4,167
40	-5196190,334	-2698079,145	-5196192,294	-2698073,981	1,959	-5,165

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
41	-5193632,041	-2698335,566	-5193632,994	-2698329,017	0,952	-6,548
42	-5188200,021	-2697861,137	-5188199,466	-2697858,716	-0,556	-2,421
43	-5183710,257	-2698297,663	-5183710,033	-2698296,168	-0,224	-1,495
44	-5178925,103	-2697892,719	-5178924,705	-2697892,266	-0,398	-0,453
45	-5174980,766	-2697994,104	-5174983,994	-2697989,115	3,228	-4,989
46	-5170165,677	-2697805,131	-5170167,967	-2697802,398	2,291	-2,732
47	-5166048,081	-2698145,832	-5166051,680	-2698148,014	3,598	2,183
48	-5198594,260	-2699932,347	-5198594,207	-2699927,902	-0,053	-4,445
49	-5194418,488	-2699927,659	-5194419,260	-2699921,442	0,772	-6,218
50	-5190252,330	-2700120,883	-5190254,023	-2700115,961	1,693	-4,921
51	-5210503,183	-2703922,840	-5210504,915	-2703921,990	1,733	-0,850
52	-5204263,953	-2702601,688	-5204265,223	-2702598,408	1,270	-3,281
53	-5200939,207	-2702606,213	-5200940,924	-2702601,525	1,717	-4,688
54	-5196273,181	-2702202,061	-5196275,105	-2702198,332	1,924	-3,729
55	-5192502,929	-2702640,337	-5192504,926	-2702638,460	1,996	-1,877
56	-5187428,175	-2702656,906	-5187427,911	-2702655,001	-0,265	-1,905
57	-5183640,308	-2702609,723	-5183636,710	-2702608,718	-3,598	-1,005
58	-5178899,653	-2702296,798	-5178899,272	-2702296,667	-0,381	-0,131
59	-5174989,459	-2702335,974	-5174988,772	-2702336,662	-0,688	0,688
60	-5170048,075	-2702581,562	-5170047,172	-2702583,217	-0,903	1,655
61	-5166517,099	-2702644,267	-5166518,097	-2702643,935	0,998	-0,332
62	-5201165,917	-2706691,912	-5201168,110	-2706688,803	2,193	-3,109
63	-5205123,858	-2706834,128	-5205127,698	-2706829,042	3,840	-5,086
64	-5196262,847	-2706991,351	-5196260,874	-2706990,464	-1,973	-0,888
65	-5192445,506	-2706884,762	-5192444,702	-2706882,719	-0,805	-2,043
66	-5188350,560	-2707114,694	-5188348,909	-2707113,464	-1,651	-1,231
67	-5183137,134	-2705329,267	-5183136,089	-2705328,017	-1,045	-1,249
68	-5178973,500	-2705438,733	-5178972,792	-2705438,978	-0,708	0,245
69	-5175024,730	-2706819,172	-5175024,361	-2706817,303	-0,369	-1,868
70	-5170093,685	-2707034,689	-5170093,273	-2707035,397	-0,412	0,708
71	-5166515,908	-2706971,438	-5166514,979	-2706967,167	-0,929	-4,271
72	-5202829,575	-2709213,171	-5202834,128	-2709207,848	4,552	-5,323
73	-5194711,810	-2709525,924	-5194709,769	-2709525,079	-2,042	-0,845
74	-5170208,343	-2709214,947	-5170210,654	-2709212,130	2,311	-2,817
75	-5208562,829	-2711209,510	-5208565,108	-2711205,931	2,279	-3,579
76	-5204746,999	-2711442,812	-5204750,152	-2711437,571	3,153	-5,241
77	-5201043,720	-2711560,011	-5201047,619	-2711554,137	3,899	-5,873
78	-5196302,442	-2711239,534	-5196301,680	-2711237,766	-0,761	-1,767
79	-5192370,663	-2711592,669	-5192371,188	-2711591,479	0,524	-1,190
80	-5187888,298	-2710748,790	-5187889,189	-2710746,440	0,890	-2,349
81	-5209247,496	-2715757,660	-5209248,609	-2715755,714	1,112	-1,946
82	-5204897,596	-2715322,295	-5204900,512	-2715316,347	2,916	-5,948

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
83	-5200309,791	-2715150,993	-5200311,373	-2715147,710	1,582	-3,283
84	-5199843,936	-2715241,579	-5199847,060	-2715236,533	3,124	-5,046
85	-5196278,558	-2715583,231	-5196278,132	-2715581,732	-0,426	-1,498
86	-5192305,511	-2715531,471	-5192306,191	-2715529,384	0,680	-2,087
87	-5209053,033	-2719668,411	-5209056,304	-2719663,696	3,271	-4,714
88	-5204868,535	-2719548,031	-5204872,191	-2719542,220	3,657	-5,812
89	-5200528,747	-2719844,895	-5200532,862	-2719839,216	4,115	-5,679
90	-5196549,653	-2719421,510	-5196550,239	-2719419,358	0,586	-2,151
91	-5189304,334	-2718295,886	-5189304,350	-2718295,232	0,016	-0,654
92	-5208196,132	-2722270,590	-5208199,906	-2722265,605	3,773	-4,985
93	-5200795,793	-2724204,843	-5200797,404	-2724201,383	1,611	-3,460
94	-5196350,954	-2724113,470	-5196352,238	-2724111,819	1,284	-1,651
95	-5194607,903	-2723334,569	-5194607,303	-2723333,742	-0,600	-0,827
96	-5196751,309	-2727933,720	-5196753,276	-2727934,445	1,966	0,725
97	-5201294,944	-2728477,786	-5201302,061	-2728474,967	7,118	-2,818
98	-5205110,951	-2729090,386	-5205115,555	-2729083,702	4,604	-6,684
99	-5198355,140	-2732562,580	-5198356,994	-2732561,815	1,854	-0,764
100	-5203297,846	-2734874,517	-5203301,591	-2734869,715	3,745	-4,802
101	-5200319,508	-2737081,686	-5200324,195	-2737080,557	4,687	-1,128
102	-5197684,987	-2737462,401	-5197687,920	-2737458,851	2,933	-3,550
103	-5200974,422	-2732871,934	-5200974,723	-2732869,289	0,301	-2,646
104	-5163123,469	-2703055,006	-5163125,298	-2703058,704	1,829	3,698
105	-5199173,979	-2704059,929	-5199176,308	-2704057,072	2,328	-2,858
106	-5194455,253	-2704301,391	-5194453,383	-2704300,731	-1,870	-0,660
107	-5205496,222	-2724606,045	-5205499,689	-2724601,068	3,467	-4,977
108	-5198193,276	-2707956,622	-5198196,545	-2707952,070	3,270	-4,552
109	-5180401,108	-2690983,109	-5180400,650	-2690984,034	-0,458	0,926
110	-5191363,692	-2719004,429	-5191365,216	-2719002,566	1,524	-1,863
111	-5161984,505	-2693528,208	-5161987,440	-2693528,968	2,934	0,760
112	-5206019,649	-2681384,577	-5206021,877	-2681381,750	2,229	-2,827
113	-5207884,713	-2684214,743	-5207886,275	-2684210,552	1,562	-4,191
114	-5201910,502	-2683846,685	-5201913,691	-2683844,481	3,188	-2,203
115	-5208740,646	-2686459,395	-5208745,988	-2686460,022	5,342	0,627
116	-5208147,332	-2688610,502	-5208153,633	-2688607,292	6,301	-3,210
117	-5202842,431	-2686356,968	-5202845,768	-2686355,006	3,337	-1,962
118	-5198595,361	-2686755,336	-5198597,621	-2686751,192	2,260	-4,144
119	-5199013,485	-2689247,028	-5199016,361	-2689243,816	2,876	-3,212
120	-5185528,704	-2683629,764	-5185528,093	-2683628,507	-0,611	-1,257
121	-5190766,555	-2686527,704	-5190768,014	-2686522,633	1,459	-5,071
122	-5204896,550	-2691589,755	-5204897,771	-2691585,643	1,221	-4,112
123	-5202684,820	-2691876,349	-5202688,229	-2691873,407	3,409	-2,942
124	-5199362,934	-2691257,875	-5199365,164	-2691254,129	2,230	-3,746

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
125	-5192345,775	-2691962,391	-5192348,329	-2691958,866	2,554	-3,525
126	-5190525,441	-2689667,333	-5190526,546	-2689662,281	1,105	-5,051
127	-5185561,344	-2689070,290	-5185561,112	-2689068,501	-0,232	-1,789
128	-5177997,902	-2689383,552	-5177998,700	-2689381,354	0,797	-2,198
129	-5190430,809	-2691626,454	-5190432,978	-2691622,552	2,169	-3,902
130	-5188271,060	-2691426,342	-5188272,162	-2691424,528	1,102	-1,814
131	-5185261,382	-2690941,756	-5185264,677	-2690938,672	3,295	-3,084
132	-5177000,855	-2691773,880	-5177004,310	-2691770,516	3,456	-3,364
133	-5171541,927	-2691818,408	-5171543,926	-2691814,733	1,998	-3,674
134	-5167845,820	-2689704,003	-5167845,924	-2689703,704	0,104	-0,299
135	-5166285,593	-2690046,582	-5166287,071	-2690045,332	1,478	-1,250
136	-5163396,119	-2690091,768	-5163398,858	-2690093,681	2,739	1,912
137	-5166219,982	-2691695,383	-5166220,949	-2691695,165	0,968	-0,218
138	-5203639,333	-2695376,402	-5203641,645	-2695372,078	2,312	-4,324
139	-5199886,181	-2695970,737	-5199888,327	-2695967,479	2,147	-3,258
140	-5197341,875	-2694026,655	-5197344,617	-2694021,955	2,743	-4,700
141	-5190634,116	-2693869,516	-5190636,637	-2693866,127	2,521	-3,389
142	-5210593,108	-2702883,906	-5210594,963	-2702880,857	1,855	-3,050
143	-5192042,433	-2695151,983	-5192044,870	-2695148,177	2,438	-3,806
144	-5193476,848	-2696599,803	-5193479,048	-2696594,371	2,200	-5,432
145	-5185453,956	-2693942,285	-5185456,026	-2693941,120	2,069	-1,164
146	-5185344,280	-2696237,773	-5185344,893	-2696235,335	0,613	-2,438
147	-5177284,885	-2694235,431	-5177285,538	-2694232,304	0,653	-3,127
148	-5181668,397	-2695880,852	-5181669,464	-2695879,867	1,067	-0,985
149	-5178403,451	-2696082,851	-5178406,130	-2696079,329	2,679	-3,522
150	-5175424,467	-2696189,880	-5175424,579	-2696187,267	0,113	-2,614
151	-5172018,607	-2696388,164	-5172020,574	-2696383,038	1,966	-5,126
152	-5168398,204	-2693962,496	-5168398,334	-2693961,682	0,130	-0,814
153	-5164146,443	-2694209,383	-5164148,417	-2694209,838	1,974	0,455
154	-5167782,164	-2695962,924	-5167783,692	-2695961,756	1,528	-1,168
155	-5164865,012	-2696118,998	-5164865,657	-2696117,694	0,645	-1,303
156	-5164272,911	-2698628,296	-5164275,189	-2698630,771	2,278	2,475
157	-5206218,702	-2701074,858	-5206220,501	-2701071,192	1,799	-3,666
158	-5203816,853	-2699335,367	-5203817,343	-2699330,969	0,490	-4,398
159	-5198244,005	-2697935,607	-5198246,111	-2697931,040	2,107	-4,567
160	-5196541,969	-2699198,152	-5196541,832	-2699189,766	-0,137	-8,386
161	-5188303,330	-2698996,786	-5188304,119	-2698995,025	0,789	-1,761
162	-5208174,223	-2703276,206	-5208175,926	-2703273,313	1,703	-2,893
163	-5206097,444	-2704219,398	-5206101,250	-2704214,936	3,806	-4,463
164	-5204665,974	-2704433,829	-5204668,719	-2704429,048	2,745	-4,781
165	-5201391,452	-2704307,568	-5201393,895	-2704302,683	2,444	-4,886
166	-5199321,571	-2702421,117	-5199323,588	-2702417,060	2,017	-4,057

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
167	-5196530,608	-2704497,285	-5196529,879	-2704495,946	-0,729	-1,340
168	-5190758,260	-2702742,492	-5190755,648	-2702741,461	-2,612	-1,031
169	-5188840,213	-2701299,397	-5188839,283	-2701298,121	-0,930	-1,276
170	-5186163,288	-2702281,723	-5186163,207	-2702280,182	-0,080	-1,541
171	-5185337,885	-2700459,696	-5185338,162	-2700458,165	0,277	-1,531
172	-5181961,515	-2699922,470	-5181960,640	-2699924,430	-0,875	1,960
173	-5180060,827	-2700279,817	-5180061,193	-2700276,694	0,367	-3,123
174	-5177279,980	-2700660,825	-5177282,210	-2700657,697	2,230	-3,129
175	-5173208,023	-2700604,358	-5173208,204	-2700604,513	0,181	0,156
176	-5171408,356	-2700004,707	-5171409,618	-2700001,792	1,262	-2,916
177	-5165530,562	-2700644,404	-5165530,876	-2700645,014	0,314	0,610
178	-5177438,000	-2702249,503	-5177439,472	-2702249,591	1,472	0,088
179	-5177188,682	-2704871,379	-5177188,732	-2704872,301	0,050	0,923
180	-5174429,217	-2705171,272	-5174429,844	-2705171,481	0,627	0,209
181	-5171234,506	-2705020,847	-5171236,442	-2705017,280	1,936	-3,567
182	-5168665,230	-2705163,504	-5168665,766	-2705163,761	0,536	0,258
183	-5166085,619	-2705494,612	-5166087,134	-2705496,045	1,515	1,433
184	-5164608,688	-2704886,171	-5164609,217	-2704887,045	0,528	0,875
185	-5172196,187	-2707884,980	-5172198,201	-2707884,577	2,014	-0,402
186	-5189962,813	-2705211,177	-5189961,597	-2705209,644	-1,216	-1,532
187	-5191627,800	-2710171,001	-5191627,100	-2710169,389	-0,700	-1,612
188	-5190177,178	-2707734,966	-5190177,488	-2707732,828	0,310	-2,138
189	-5185371,174	-2706194,963	-5185371,257	-2706193,624	0,082	-1,340
190	-5185735,961	-2708486,894	-5185734,907	-2708485,573	-1,054	-1,321
191	-5206352,159	-2708792,225	-5206354,769	-2708787,812	2,610	-4,413
192	-5209298,577	-2713980,530	-5209301,521	-2713976,773	2,944	-3,757
193	-5207252,619	-2713524,896	-5207254,443	-2713521,185	1,825	-3,711
194	-5204862,234	-2712951,206	-5204865,963	-2712946,491	3,729	-4,715
195	-5202621,439	-2713725,403	-5202626,343	-2713718,705	4,904	-6,698
196	-5198503,513	-2711439,864	-5198507,383	-2711435,285	3,870	-4,579
197	-5199339,482	-2713289,841	-5199341,917	-2713284,682	2,435	-5,159
198	-5195757,208	-2713831,447	-5195755,262	-2713830,983	-1,946	-0,464
199	-5193536,522	-2713885,558	-5193538,283	-2713883,462	1,760	-2,095
200	-5191515,912	-2713925,228	-5191517,165	-2713923,143	1,253	-2,086
201	-5191035,479	-2717062,394	-5191035,067	-2717060,912	-0,412	-1,483
202	-5207222,024	-2715551,168	-5207224,439	-2715547,954	2,415	-3,214
203	-5207483,531	-2718490,923	-5207487,512	-2718485,808	3,981	-5,115
204	-5199345,986	-2719200,030	-5199348,971	-2719196,627	2,984	-3,403
205	-5199389,415	-2721328,788	-5199392,347	-2721323,626	2,932	-5,162
206	-5196959,588	-2722005,192	-5196959,885	-2722004,515	0,297	-0,677
207	-5194169,592	-2722259,654	-5194166,586	-2722259,043	-3,005	-0,611
208	-5199381,283	-2724602,876	-5199383,796	-2724599,083	2,513	-3,793

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas Bing Maps		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
209	-5199395,275	-2726416,592	-5199398,494	-2726412,417	3,219	-4,175
210	-5194631,602	-2726554,235	-5194631,933	-2726552,764	0,331	-1,471
211	-5202993,500	-2734051,361	-5202997,159	-2734046,225	3,659	-5,136
212	-5199281,340	-2735957,518	-5199284,508	-2735953,353	3,168	-4,165
213	-5203452,717	-2681469,914	-5203456,037	-2681467,964	3,321	-1,950
214	-5202663,593	-2698535,982	-5202665,438	-2698532,272	1,845	-3,709
215	-5201887,983	-2708325,750	-5201890,262	-2708320,514	2,279	-5,236
216	-5197915,129	-2695830,659	-5197916,807	-2695825,904	1,678	-4,755
217	-5194433,058	-2693566,765	-5194435,843	-2693562,731	2,785	-4,034
218	-5191112,199	-2696631,488	-5191116,270	-2696632,549	4,071	1,061
219	-5200384,824	-2699037,280	-5200386,987	-2699032,828	2,163	-4,452
220	-5199323,472	-2701035,166	-5199325,714	-2701029,907	2,242	-5,258
221	-5191562,931	-2698013,353	-5191564,776	-2698006,932	1,845	-6,421
222	-5195282,218	-2701032,683	-5195283,617	-2701027,776	1,399	-4,907
223	-5193350,110	-2701356,178	-5193351,602	-2701349,913	1,492	-6,266
224	-5191614,220	-2700796,898	-5191616,596	-2700792,792	2,375	-4,106
225	-5203445,102	-2703902,726	-5203450,494	-2703896,269	5,392	-6,457
226	-5202662,272	-2706126,061	-5202666,202	-2706120,834	3,930	-5,227
227	-5200422,365	-2705537,552	-5200423,654	-2705535,695	1,289	-1,857
228	-5197925,018	-2705474,551	-5197927,875	-2705470,864	2,857	-3,687
229	-5199783,607	-2707080,687	-5199785,685	-2707077,893	2,078	-2,794
230	-5194766,533	-2702999,540	-5194766,673	-2702997,940	0,140	-1,600
231	-5191805,237	-2703645,636	-5191802,350	-2703643,804	-2,887	-1,832
232	-5193700,270	-2705792,941	-5193697,808	-2705792,858	-2,462	-0,083
233	-5187822,740	-2695721,531	-5187822,998	-2695719,537	0,258	-1,994
234	-5190103,769	-2698009,896	-5190106,377	-2698007,264	2,608	-2,632
235	-5189027,230	-2703410,883	-5189027,195	-2703409,720	-0,035	-1,162
236	-5188115,158	-2705148,502	-5188115,353	-2705147,184	0,194	-1,317
237	-5186447,217	-2703958,736	-5186447,079	-2703957,119		
238	-5204202,294	-2709088,939	-5204206,044	-2709083,528	3,750	-5,411
239	-5199993,922	-2709855,975	-5199996,894	-2709852,672	2,971	-3,303
240	-5203064,380	-2710597,056	-5203064,305	-2710593,720	-0,075	-3,337
241	-5197061,951	-2708544,781	-5197058,934	-2708544,468	-3,017	-0,313
242	-5192442,770	-2708220,128	-5192441,840	-2708218,409	-0,930	-1,719
243	-5194031,765	-2710776,355	-5194031,254	-2710774,458	-0,511	-1,897
244	-5194458,858	-2712476,247	-5194457,905	-2712474,980	-0,954	-1,267
245	-5193479,810	-2691154,627	-5193482,529	-2691151,129	2,718	-3,497

Obs. Os pontos onde não existe o cálculo das discrepâncias correspondem aos pontos 23 e 237 que foram retirados na Análise do Erros Grosseiros.

Apêndice 1.5 - Coordenadas dos Pontos de Controle, dos Pontos homólogos e Discrepâncias para a Base da ESRI

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
1	-5169578,214	-2690728,992	-5169578,897	-2690729,885	0,682	0,893
2	-5184838,916	-2680861,715	-5184840,577	-2680858,415	1,661	-3,300
5	-5204864,878	-2680260,503	-5204863,606	-2680260,233	-1,272	-0,270
6	-5210273,710	-2682536,913	-5210272,238	-2682537,642	-1,471	0,729
8	-5209895,315	-2684985,708	-5209890,888	-2684990,141	-4,426	4,433
9	-5205158,066	-2684921,811	-5205156,246	-2684921,579	-1,820	-0,232
10	-5200920,015	-2684561,389	-5200917,071	-2684561,360	-2,944	-0,029
11	-5196948,944	-2686313,591	-5196948,911	-2686313,210	-0,033	-0,381
12	-5192407,846	-2686760,149	-5192407,117	-2686761,425	-0,729	1,276
13	-5187529,867	-2685398,667	-5187531,175	-2685401,628	1,308	2,961
14	-5184007,640	-2684922,384	-5184006,601	-2684923,577	-1,040	1,193
15	-5163419,334	-2691252,503	-5163417,085	-2691253,561	-2,249	1,058
16	-5175091,004	-2690684,544	-5175090,056	-2690686,813	-0,948	2,269
17	-5183729,267	-2689090,320	-5183726,908	-2689092,195	-2,358	1,875
18	-5187761,729	-2688932,616	-5187761,665	-2688934,006	-0,064	1,389
19	-5192548,376	-2688922,229	-5192547,896	-2688923,683	-0,480	1,453
20	-5196426,088	-2689219,745	-5196424,526	-2689221,512	-1,562	1,767
21	-5201162,261	-2689158,139	-5201160,615	-2689156,877	-1,647	-1,261
22	-5204869,639	-2689439,368	-5204868,401	-2689439,208	-1,238	-0,159
23	-5209778,826	-2688760,092	-5209771,751	-2688760,440		
24	-5205222,214	-2693436,228	-5205221,134	-2693436,286	-1,081	0,058
25	-5201199,929	-2693685,443	-5201198,044	-2693685,128	-1,885	-0,315
26	-5194732,413	-2691571,465	-5194732,519	-2691573,529	0,106	2,064
27	-5196487,301	-2693683,124	-5196488,137	-2693685,854	0,836	2,730
28	-5192550,447	-2693624,430	-5192548,860	-2693627,473	-1,588	3,043
29	-5188322,291	-2693678,900	-5188320,836	-2693682,208	-1,455	3,307
30	-5183741,643	-2693483,412	-5183740,611	-2693486,552	-1,032	3,140
31	-5178942,456	-2693756,541	-5178940,450	-2693758,890	-2,006	2,349
32	-5175071,391	-2693432,966	-5175069,910	-2693434,595	-1,482	1,630
33	-5170455,704	-2693761,437	-5170454,797	-2693762,472	-0,908	1,035
34	-5166009,818	-2693429,454	-5166009,021	-2693431,099	-0,797	1,645
35	-5205085,835	-2697889,086	-5205083,638	-2697890,370	-2,197	1,284
36	-5200349,890	-2698143,805	-5200347,990	-2698143,570	-1,900	-0,235
37	-5193913,807	-2695096,699	-5193914,063	-2695101,442	0,256	4,743
38	-5196734,295	-2695695,090	-5196731,582	-2695698,613	-2,713	3,524
39	-5190167,783	-2695615,935	-5190166,063	-2695620,962	-1,720	5,027
40	-5196190,334	-2698079,145	-5196189,436	-2698084,035	-0,898	4,890

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
41	-5193632,041	-2698335,566	-5193631,830	-2698341,453	-0,212	5,887
42	-5188200,021	-2697861,137	-5188200,471	-2697865,357	0,450	4,220
43	-5183710,257	-2698297,663	-5183708,657	-2698300,189	-1,600	2,527
44	-5178925,103	-2697892,719	-5178924,970	-2697894,806	-0,133	2,087
45	-5174980,766	-2697994,104	-5174978,853	-2697999,242	-1,913	5,138
46	-5170165,677	-2697805,131	-5170163,840	-2697809,701	-1,837	4,570
47	-5166048,081	-2698145,832	-5166049,245	-2698151,454	1,164	5,622
48	-5198594,260	-2699932,347	-5198590,768	-2699934,516	-3,493	2,170
49	-5194418,488	-2699927,659	-5194418,467	-2699932,290	-0,021	4,630
50	-5190252,330	-2700120,883	-5190251,113	-2700122,973	-1,217	2,090
51	-5210503,183	-2703922,840	-5210498,317	-2703922,622	-4,865	-0,217
52	-5204263,953	-2702601,688	-5204260,567	-2702602,006	-3,387	0,317
53	-5200939,207	-2702606,213	-5200935,950	-2702604,965	-3,257	-1,248
54	-5196273,181	-2702202,061	-5196273,782	-2702204,206	0,601	2,145
55	-5192502,929	-2702640,337	-5192501,751	-2702641,212	-1,179	0,875
56	-5187428,175	-2702656,906	-5187428,704	-2702658,811	0,529	1,905
57	-5183640,308	-2702609,723	-5183637,292	-2702609,882	-3,016	0,159
58	-5178899,653	-2702296,798	-5178899,087	-2702298,942	-0,566	2,144
59	-5174989,459	-2702335,974	-5174988,930	-2702338,779	-0,529	2,805
60	-5170048,075	-2702581,562	-5170047,591	-2702579,951	-0,484	-1,611
61	-5166517,099	-2702644,267	-5166516,826	-2702646,657	-0,273	2,390
62	-5201165,917	-2706691,912	-5201168,903	-2706689,914	2,987	-1,997
63	-5205123,858	-2706834,128	-5205120,872	-2706834,810	-2,986	0,682
64	-5196262,847	-2706991,351	-5196260,504	-2706992,051	-2,343	0,700
65	-5192445,506	-2706884,762	-5192444,490	-2706884,042	-1,016	-0,720
66	-5188350,560	-2707114,694	-5188347,850	-2707115,316	-2,710	0,622
67	-5183137,134	-2705329,267	-5183135,295	-2705329,763	-1,838	0,497
68	-5178973,500	-2705438,733	-5178970,199	-2705441,042	-3,301	2,309
69	-5175024,730	-2706819,172	-5175023,568	-2706824,182	-1,163	5,011
70	-5170093,685	-2707034,689	-5170092,426	-2707036,561	-1,258	1,872
71	-5166515,908	-2706971,438	-5166513,099	-2706971,622	-2,810	0,184
72	-5202829,575	-2709213,171	-5202826,561	-2709214,145	-3,015	0,974
73	-5194711,810	-2709525,924	-5194710,827	-2709524,549	-0,983	-1,374
74	-5170208,343	-2709214,947	-5170207,797	-2709221,814	-0,547	6,867
75	-5208562,829	-2711209,510	-5208560,874	-2711210,164	-1,955	0,654
76	-5204746,999	-2711442,812	-5204744,596	-2711443,127	-2,403	0,315
77	-5201043,720	-2711560,011	-5201040,740	-2711559,694	-2,980	-0,317
78	-5196302,442	-2711239,534	-5196301,151	-2711237,766	-1,291	-1,767
79	-5192370,663	-2711592,669	-5192369,071	-2711591,744	-1,592	-0,925
80	-5187888,298	-2710748,790	-5187888,242	-2710748,959	-0,056	0,170
81	-5209247,496	-2715757,660	-5209243,317	-2715759,947	-4,179	2,288
82	-5204897,596	-2715322,295	-5204896,914	-2715322,856	-0,682	0,561

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
83	-5200309,791	-2715150,993	-5200306,931	-2715150,871	-2,860	-0,122
84	-5199843,936	-2715241,579	-5199843,356	-2715239,814	-0,580	-1,765
85	-5196278,558	-2715583,231	-5196276,016	-2715581,005	-2,543	-2,226
86	-5192305,511	-2715531,471	-5192304,339	-2715530,972	-1,172	-0,500
87	-5209053,033	-2719668,411	-5209048,336	-2719667,942	-4,697	-0,469
88	-5204868,535	-2719548,031	-5204864,148	-2719546,929	-4,386	-1,102
89	-5200528,747	-2719844,895	-5200521,644	-2719844,507	-7,103	-0,387
90	-5196549,653	-2719421,510	-5196547,170	-2719418,988	-2,483	-2,522
91	-5189304,334	-2718295,886	-5189301,969	-2718296,978	-2,365	1,092
92	-5208196,132	-2722270,590	-5208189,534	-2722269,786	-6,598	-0,805
93	-5200795,793	-2724204,843	-5200788,002	-2724202,306	-7,791	-2,536
94	-5196350,954	-2724113,470	-5196350,492	-2724112,930	-0,462	-0,540
95	-5194607,903	-2723334,569	-5194606,757	-2723335,042	-1,146	0,473
96	-5196751,309	-2727933,720	-5196750,259	-2727935,450	-1,050	1,730
97	-5201294,944	-2728477,786	-5201290,253	-2728476,488	-4,691	-1,297
98	-5205110,951	-2729090,386	-5205106,506	-2729089,311	-4,445	-1,075
99	-5198355,140	-2732562,580	-5198354,814	-2732563,403	-0,326	0,823
100	-5203297,846	-2734874,517	-5203295,294	-2734873,287	-2,552	-1,230
101	-5200319,508	-2737081,686	-5200312,883	-2737081,752	-6,625	0,066
102	-5197684,987	-2737462,401	-5197680,565	-2737461,550	-4,422	-0,851
103	-5200974,422	-2732871,934	-5200970,490	-2732873,257	-3,933	1,323
104	-5163123,469	-2703055,006	-5163123,182	-2703057,116	-0,288	2,111
105	-5199173,979	-2704059,929	-5199173,291	-2704057,866	-0,688	-2,064
106	-5194455,253	-2704301,391	-5194454,653	-2704297,874	-0,600	-3,517
107	-5205496,222	-2724606,045	-5205494,133	-2724603,132	-2,089	-2,913
108	-5198193,276	-2707956,622	-5198191,783	-2707955,245	-1,493	-1,377
109	-5180401,108	-2690983,109	-5180398,915	-2690986,534	-2,193	3,425
110	-5191363,692	-2719004,429	-5191361,046	-2719003,783	-2,646	-0,646
111	-5161984,505	-2693528,208	-5161983,682	-2693526,692	-0,823	-1,516
112	-5206019,649	-2681384,577	-5206018,067	-2681385,242	-1,581	0,665
113	-5207884,713	-2684214,743	-5207882,676	-2684215,209	-2,036	0,466
114	-5201910,502	-2683846,685	-5201914,326	-2683846,333	3,823	-0,351
115	-5208740,646	-2686459,395	-5208737,690	-2686460,465	-2,956	1,070
116	-5208147,332	-2688610,502	-5208148,401	-2688609,719	1,069	-0,783
117	-5202842,431	-2686356,968	-5202843,758	-2686354,856	1,328	-2,112
118	-5198595,361	-2686755,336	-5198597,780	-2686755,605	2,419	0,269
119	-5199013,485	-2689247,028	-5199012,022	-2689245,350	-1,463	-1,678
120	-5185528,704	-2683629,764	-5185528,411	-2683629,565	-0,293	-0,199
121	-5190766,555	-2686527,704	-5190765,633	-2686530,571	-0,922	2,866
122	-5204896,550	-2691589,755	-5204893,855	-2691590,987	-2,695	1,233
123	-5202684,820	-2691876,349	-5202683,678	-2691877,005	-1,142	0,657
124	-5199362,934	-2691257,875	-5199358,919	-2691256,245	-4,014	-1,629

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
125	-5192345,775	-2691962,391	-5192342,773	-2691964,316	-3,002	1,925
126	-5190525,441	-2689667,333	-5190524,959	-2689669,954	-0,483	2,622
127	-5185561,344	-2689070,290	-5185561,195	-2689070,865	-0,149	0,575
128	-5177997,902	-2689383,552	-5177998,539	-2689386,707	0,637	3,155
129	-5190430,809	-2691626,454	-5190429,411	-2691630,324	-1,398	3,870
130	-5188271,060	-2691426,342	-5188270,108	-2691428,520	-0,953	2,178
131	-5185261,382	-2690941,756	-5185261,238	-2690943,964	-0,144	2,208
132	-5177000,855	-2691773,880	-5177001,241	-2691777,448	0,386	3,568
133	-5171541,927	-2691818,408	-5171541,664	-2691821,462	-0,263	3,054
134	-5167845,820	-2689704,003	-5167844,390	-2689702,540	-1,431	-1,463
135	-5166285,593	-2690046,582	-5166285,882	-2690047,699	0,289	1,117
136	-5163396,119	-2690091,768	-5163395,524	-2690093,575	-0,594	1,806
137	-5166219,982	-2691695,383	-5166218,765	-2691696,710	-1,217	1,326
138	-5203639,333	-2695376,402	-5203635,453	-2695375,835	-3,879	-0,567
139	-5199886,181	-2695970,737	-5199883,565	-2695969,860	-2,616	-0,877
140	-5197341,875	-2694026,655	-5197342,130	-2694032,220	0,255	5,566
141	-5190634,116	-2693869,516	-5190633,250	-2693872,742	-0,866	3,226
142	-5210593,108	-2702883,906	-5210592,158	-2702884,349	-0,950	0,443
143	-5192042,433	-2695151,983	-5192042,183	-2695158,985	-0,250	7,002
144	-5193476,848	-2696599,803	-5193475,555	-2696599,928	-1,293	0,124
145	-5185453,956	-2693942,285	-5185452,427	-2693946,677	-1,529	4,392
146	-5185344,280	-2696237,773	-5185343,517	-2696244,754	-0,763	6,981
147	-5177284,885	-2694235,431	-5177283,399	-2694237,963	-1,486	2,532
148	-5181668,397	-2695880,852	-5181668,723	-2695881,772	0,326	0,920
149	-5178403,451	-2696082,851	-5178403,537	-2696085,785	0,087	2,934
150	-5175424,467	-2696189,880	-5175423,382	-2696190,959	-1,085	1,078
151	-5172018,607	-2696388,164	-5172016,288	-2696389,335	-2,320	1,171
152	-5168398,204	-2693962,496	-5168397,487	-2693965,915	-0,717	3,419
153	-5164146,443	-2694209,383	-5164147,306	-2694210,208	0,863	0,825
154	-5167782,164	-2695962,924	-5167781,099	-2695966,254	-1,065	3,329
155	-5164865,012	-2696118,998	-5164864,175	-2696119,546	-0,836	0,549
156	-5164272,911	-2698628,296	-5164272,596	-2698630,295	-0,315	1,999
157	-5206218,702	-2701074,858	-5206214,838	-2701075,531	-3,863	0,673
158	-5203816,853	-2699335,367	-5203813,025	-2699336,443	-3,828	1,077
159	-5198244,005	-2697935,607	-5198243,677	-2697937,814	-0,327	2,206
160	-5196541,969	-2699198,152	-5196542,573	-2699203,154	0,604	5,002
161	-5188303,330	-2698996,786	-5188304,227	-2699000,877	0,897	4,091
162	-5208174,223	-2703276,206	-5208180,212	-2703272,995	5,989	-3,211
163	-5206097,444	-2704219,398	-5206099,292	-2704222,503	1,848	3,104
164	-5204665,974	-2704433,829	-5204662,845	-2704433,155	-3,129	-0,674
165	-5201391,452	-2704307,568	-5201390,668	-2704308,027	-0,784	0,459
166	-5199321,571	-2702421,117	-5199318,666	-2702420,447	-2,905	-0,670

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Δ E (m)	Δ N (m)
167	-5196530,608	-2704497,285	-5196527,816	-2704499,597	-2,792	2,312
168	-5190758,260	-2702742,492	-5190759,405	-2702745,006	1,145	2,514
169	-5188840,213	-2701299,397	-5188841,029	-2701302,831	0,816	3,434
170	-5186163,288	-2702281,723	-5186161,779	-2702281,928	-1,509	0,205
171	-5185337,885	-2700459,696	-5185337,485	-2700462,935	-0,400	3,239
172	-5181961,515	-2699922,470	-5181959,317	-2699925,012	-2,198	2,542
173	-5180060,827	-2700279,817	-5180059,235	-2700279,763	-1,591	-0,054
174	-5177279,980	-2700660,825	-5177277,791	-2700665,025	-2,189	4,200
175	-5173208,023	-2700604,358	-5173207,463	-2700607,318	-0,560	2,960
176	-5171408,356	-2700004,707	-5171406,284	-2700008,829	-2,072	4,122
177	-5165530,562	-2700644,404	-5165529,923	-2700645,755	-0,639	1,351
178	-5177438,000	-2702249,503	-5177438,429	-2702251,375	0,429	1,872
179	-5177188,682	-2704871,379	-5177187,939	-2704873,677	-0,744	2,298
180	-5174429,217	-2705171,272	-5174428,900	-2705175,963	-0,317	4,691
181	-5171234,506	-2705020,847	-5171234,435	-2705027,340	-0,071	6,493
182	-5168665,230	-2705163,504	-5168664,761	-2705165,825	-0,470	2,321
183	-5166085,619	-2705494,612	-5166084,930	-2705496,727	-0,688	2,115
184	-5164608,688	-2704886,171	-5164608,080	-2704889,132	-0,608	2,961
185	-5172196,187	-2707884,980	-5172197,195	-2707889,181	1,008	4,202
186	-5189962,813	-2705211,177	-5189961,438	-2705209,644	-1,375	-1,532
187	-5191627,800	-2710171,001	-5191625,830	-2710171,241	-1,970	0,240
188	-5190177,178	-2707734,966	-5190177,651	-2707733,308	0,473	-1,658
189	-5185371,174	-2706194,963	-5185370,039	-2706194,364	-1,135	-0,599
190	-5185735,961	-2708486,894	-5185732,714	-2708485,280	-3,247	-1,614
191	-5206352,159	-2708792,225	-5206350,800	-2708791,728	-1,359	-0,497
192	-5209298,577	-2713980,530	-5209295,753	-2713977,937	-2,824	-2,593
193	-5207252,619	-2713524,896	-5207251,110	-2713525,471	-1,509	0,575
194	-5204862,234	-2712951,206	-5204861,782	-2712951,307	-0,452	0,101
195	-5202621,439	-2713725,403	-5202616,289	-2713725,002	-5,150	-0,401
196	-5198503,513	-2711439,864	-5198500,610	-2711439,942	-2,903	0,078
197	-5199339,482	-2713289,841	-5199337,093	-2713288,426	-2,388	-1,414
198	-5195757,208	-2713831,447	-5195755,426	-2713829,886	-1,782	-1,561
199	-5193536,522	-2713885,558	-5193536,536	-2713883,198	0,014	-2,360
200	-5191515,912	-2713925,228	-5191514,149	-2713923,566	-1,763	-1,662
201	-5191035,479	-2717062,394	-5191034,750	-2717060,912	-0,730	-1,483
202	-5207222,024	-2715551,168	-5207219,359	-2715551,764	-2,665	0,596
203	-5207483,531	-2718490,923	-5207481,036	-2718493,409	-2,496	2,486
204	-5199345,986	-2719200,030	-5199341,880	-2719197,262	-4,106	-2,768
205	-5199389,415	-2721328,788	-5199385,521	-2721324,525	-3,894	-4,263
206	-5196959,588	-2722005,192	-5196955,016	-2722004,410	-4,572	-0,782
207	-5194169,592	-2722259,654	-5194167,010	-2722261,107	-2,582	1,453
208	-5199381,283	-2724602,876	-5199378,114	-2724600,528	-3,169	-2,348

ID Ref.	Coordenadas Referência		Coordenadas base ESRI		Discrepâncias	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	ΔE (m)	ΔN (m)
209	-5199395,275	-2726416,592	-5199391,509	-2726415,698	-3,766	-0,894
210	-5194631,602	-2726554,235	-5194629,711	-2726554,511	-1,891	0,276
211	-5202993,500	-2734051,361	-5202988,904	-2734051,623	-4,596	0,262
212	-5199281,340	-2735957,518	-5199276,994	-2735955,735	-4,346	-1,784
213	-5203452,717	-2681469,914	-5203452,300	-2681470,860	-0,417	0,946
214	-5202663,593	-2698535,982	-5202660,464	-2698536,294	-3,129	0,312
215	-5201887,983	-2708325,750	-5201886,558	-2708325,012	-1,425	-0,738
216	-5197915,129	-2695830,659	-5197914,955	-2695834,900	-0,174	4,240
217	-5194433,058	-2693566,765	-5194433,054	-2693571,446	-0,004	4,681
218	-5191112,199	-2696631,488	-5191110,473	-2696635,447	-1,725	3,960
219	-5200384,824	-2699037,280	-5200381,680	-2699036,256	-3,144	-1,024
220	-5199323,472	-2701035,166	-5199320,636	-2701034,984	-2,836	-0,181
221	-5191562,931	-2698013,353	-5191563,113	-2698019,400	0,182	6,047
222	-5195282,218	-2701032,683	-5195281,864	-2701034,438	-0,354	1,756
223	-5193350,110	-2701356,178	-5193350,000	-2701359,253	-0,109	3,074
224	-5191614,220	-2700796,898	-5191614,826	-2700799,518	0,605	2,620
225	-5203445,102	-2703902,726	-5203441,350	-2703903,699	-3,752	0,972
226	-5202662,272	-2706126,061	-5202657,735	-2706126,390	-4,537	0,329
227	-5200422,365	-2705537,552	-5200422,331	-2705537,282	-0,034	-0,270
228	-5197925,018	-2705474,551	-5197922,054	-2705473,775	-2,964	-0,776
229	-5199783,607	-2707080,687	-5199782,775	-2707080,275	-0,833	-0,412
230	-5194766,533	-2702999,540	-5194765,350	-2703000,321	-1,183	0,781
231	-5191805,237	-2703645,636	-5191805,199	-2703647,723	-0,038	2,087
232	-5193700,270	-2705792,941	-5193696,220	-2705794,975	-4,050	2,034
233	-5187822,740	-2695721,531	-5187820,882	-2695725,358	-1,858	3,827
234	-5190103,769	-2698009,896	-5190103,731	-2698013,349	-0,038	3,454
235	-5189027,230	-2703410,883	-5189026,402	-2703412,102	-0,828	1,219
236	-5188115,158	-2705148,502	-5188115,353	-2705148,507	0,194	0,006
237	-5186447,217	-2703958,736	-5186446,550	-2703958,706		
238	-5204202,294	-2709088,939	-5204200,682	-2709088,890	-1,613	-0,049
239	-5199993,922	-2709855,975	-5199992,396	-2709855,847	-1,527	-0,128
240	-5203064,380	-2710597,056	-5203062,982	-2710596,895	-1,398	-0,162
241	-5197061,951	-2708544,781	-5197061,579	-2708543,409	-0,371	-1,371
242	-5192442,770	-2708220,128	-5192441,840	-2708218,409	-0,930	-1,719
243	-5194031,765	-2710776,355	-5194030,622	-2710773,826	-1,143	-2,529
244	-5194458,858	-2712476,247	-5194457,111	-2712474,716	-1,748	-1,532
245	-5193479,810	-2691154,627	-5193479,089	-2691156,686	-0,721	2,059

Obs. Os pontos onde não existe o cálculo das discrepâncias correspondem aos pontos 23 e 237 que foram retirados na Análise do Erros Grosseiros.

ANEXO 1 – TABELAS ISO 2859-1

Table 1 - Sample size code letters (see 10.1 and 10.2)

Lot size	Special inspection levels				General inspection levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 to 8	A	A	A	A	A	A	B
9 to 15	A	A	A	A	A	B	C
16 to 25	A	A	B	B	B	C	D
26 to 50	A	B	B	C	C	D	E
51 to 90	B	B	C	C	C	E	F
91 to 150	B	B	C	D	D	F	G
151 to 280	B	C	D	E	E	G	H
281 to 500	B	C	D	E	F	H	J
501 to 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 to 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 to 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 to 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 to 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 to 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 and over	D	E	H	K	N	Q	R

Table 2-A — Single sampling plans for normal inspection (Master table)

Sample size code letter	Acceptance quality limit, AQL, in percent nonconforming items and nonconformities per 100 items (normal inspection)																									
	0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	↗	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31
B	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	0 1	↓	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45
C	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↗	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↖
D	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↗	↗	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↖
E	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↗	↗	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	30 31	44 45	↖	↖
F	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖
G	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
H	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
J	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
K	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
L	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
M	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
N	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
P	↓	0 1	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
Q	0 1	↖	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↗	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
R	↖	1 2	2 3	3 4	5 6	7 8	10 11	14 15	21 22	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖

↕ = Use the first sampling plan below the arrow. If sample size equals, or exceeds, lot size, carry out 100 % inspection.

↗ = Use the first sampling plan above the arrow.

Ac = Acceptance number

Re = Rejection number