

RONALDO DOS SANTOS DA ROCHA

**EXATIDÃO CARTOGRÁFICA PARA AS CARTAS
DIGITAIS URBANAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito
parcial para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Jurgen W. Philips Ing. Dr.

Florianópolis

2002

Ficha Catalográfica

Rocha, Ronaldo dos Santos da

**Exatidão cartográfica para as cartas digitais urbanas/
Ronaldo dos Santos da Rocha – Florianópolis, 2002.**

128f. : il.

**Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis,
SC – BR, 2002.**

**1. Cartografia digital. 2. Exatidão cartográfica. 3. Cartas digitais urbanas. I.
Título.**

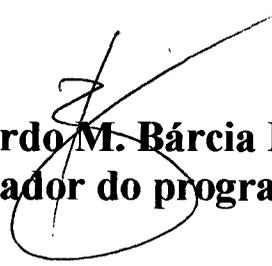
**Catálogo na Publicação
Biblioteca do Instituto de Geociências
Leny Helena Brunel CRB10/442**

Ronaldo dos Santos da Rocha

**EXATIDÃO CARTOGRÁFICA PARA AS CARTAS
DIGITAIS URBANAS**

**Esta Tese foi julgada e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia de Produção no Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal
de Santa Catarina.**

Florianópolis, 11 de abril de 2002.

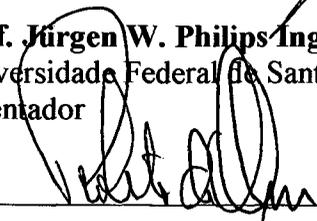

Prof. Ricardo M. Bárcia PhD.
Coordenador do programa

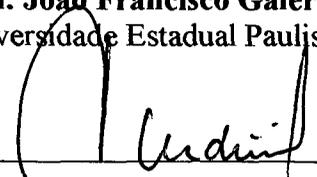
Banca Examinadora


Prof. Francisco Humberto S. Magro Dr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul


Prof. Jürgen W. Philips Ing. Dr
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador


Prof. João Francisco Galera Monico PhD
Universidade Estadual Paulista


Prof. Roberto de Oliveira PhD
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Jucilei Cordini Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a :
Minha Mãe, Consuelo dos Santos da Rocha pelo exemplo de vida e dedicação aos
filhos.

Ao meu Pai Mário Mendes da Rocha (In memorian).

Às minhas irmãs, Rosangela dos Santos da Rocha, Rosana dos Santos da Rocha,
Roseli dos Santos da Rocha, Roseni dos Santos da Rocha e Roselaine dos Santos da
Rocha, as melhores irmãs do mundo

A minha esposa Cláudia Anahi Aguilera Larrosa da Rocha, companheira de todas as
horas e sempre pronta a dar seu amor e carinho.

Minha filha Letícia Aguilera Larrosa da Rocha, a melhor filha do mundo e
Meu filho Rodrigo Aguilera Larrosa da Rocha, que ainda é pequenininho, e chegou
para completar a felicidade.

Agradecimentos:

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

À Universidade Federal de Santa Catarina,

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES,
Ao Orientador, Prof. Dr. Ing. Jurgem W. Philips, por ter compartilhado comigo ao longo dos últimos anos seu conhecimento e sua sabedoria.

À Prof. Dra. Dora Maria Orth, sempre pronta a compartilhar seus conhecimentos, seus laboratórios, sua equipe e seus amigos.

Ao Prof. Dr. Francisco Humberto Simões Magro, pelos ensinamentos e auxílios nesta empreitada.

Aos Professores João Francisco Galera Monico, Jucilei Cordini e Roberto de Oliveira, pela participação na banca de avaliação.

Aos amigos do Departamento de Geodésia da UFRGS pelo apoio.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e de Engenharia Civil da UFSC, Edis Mafra Lapolli, Lia Caetano Bastos, Sálvio José Vieira, Marlene S. Uberti, Cláudio Zimmermann, Luciana Martins, Markus Hazenack.

Aos amigos do Laboratório de Gestão do Espaço, Sérgio, Silviana, Sebastian e Ledenice.

À SPG Soluções em Posicionamentos, na pessoa de seu diretor Rodrigo Salomoni, pelos empréstimos dos equipamentos e auxílio no processamento dos dados GPS.
Ao Geólogo Sérgio Cardoso e ao Topógrafo João da Prefeitura Municipal de Gravataí – RS

Aos amigos da Universidade Federal de Pelotas e da Prefeitura Municipal de Pelotas, Nirce Saffer Medvedovski, Matheus Coswig e Josiane da Silva Almeida.

Aos Amigos colaboradores da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, – Suzete Maria Michalski Peres, York Gay, Antônio Pasquetti Piccoli, Cláudio Ourique e Denise Legendre Lima Betiol, pelo auxílio.

Ao Engenheiro Alfredo Luis Bins pelo apoio;

Ao Amigo Luis Antônio Paulino por ter compartilhado comigo esta paixão pela Cartografia.

Aos Eng. Cart. Kátia Duarte Pereira, Nilo Cezar Coelho do IBGE e

Eng. Cart. Luciano Montenegro Cunha Pessoa – Petrobrás, pelo apoio.

Aos amigos Maria Madalena Ribeiro Pinto, Andréa Flávia Tenório Carneiro, Carlos Galdino, Daniel Carneiro e Obede Pereira de Lima, pela convivência, auxílio e apoio.

Ao Amigo Arthur Caldas Brandão, companheiro de mestrado e doutorado, pelo auxílio, apoio, reflexão, companheirismo e amizade.

RESUMO

Os avanços tecnológicos observados na computação, mais especificamente na computação gráfica, causaram alterações significativas na cartografia. Os procedimentos de geração, atualização, controle de qualidade e uso dos mapas e cartas sofreram profundas mudanças. O processo de análise da qualidade dos mapas, definido para um produto cartográfico analógico, necessita ser revisto, pois o que se tem agora é um documento cartográfico de características diferentes, o mapa digital.

O PEC, Padrão de Exatidão Cartográfica, definido na legislação cartográfica atual, não foi concebido para servir como base para avaliação da qualidade dos mapas digitais. Este trabalho apresenta uma proposta de Padrões de Exatidão Cartográfica a ser aplicado na cartografia digital urbana, tendo em vista as necessidades dos usuários. Para tanto, são identificadas as necessidades cartográficas para gerenciamento urbano, a definição do tamanho da amostra a ser utilizada, o método de levantamento dos pontos teste, a distribuição espacial dos pontos, a medição e os testes de hipóteses.

Finalmente, apresenta-se um estudo de caso, aplicando os padrões propostos a um mapa digital urbano, testando desta maneira a qualidade geométrica do documento cartográfico.

ABSTRACT

The technological advances that have been observed in informatics, more specifically in computer graphics, provided significant alterations in cartography. The generating procedures, updating, quality control and the usage of maps and charts have passed for great changes. The quality analysis process of maps, defined for an analogical cartographic product, needs to be revised due to the dawning of a cartographic document that possesses different characteristics, the digital map. The PEC, (*Padrão de Exatidão Cartográfica*) Cartographic Precision Standard, defined by the current cartographic legislation, was not conceived to serve as a guideline for digital map quality evaluation. This work offers a solution for a Cartographic Precision Standard to be applied in urban digital cartography, conditioned to the users demands. For this purpose, cartographic demands for urban management definition of the sample size to be employed, survey method of test points, point distribution measuring and hypothesis testing are identified. Finally, a case study, applying the defined standards to a urban digital map is presented, thus testing the geometric quality of the cartographic document.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	17
1.2 Justificativas	17
1.3 Hipóteses apresentadas	19
2 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Conceitos básicos sobre a qualidade do produto	21
2.2 A qualidade de uma carta	23
2.2.1 Exatidão posicional	26
2.2.2 Atualidade	28
2.2.3 Completitude	30
2.2.4 Consistência Lógica	31
2.2.5 Simbologia	32
2.3 Legislação Cartográfica	33
2.3.1 Legislação cartográfica brasileira	33
2.3.2 Legislação cartográfica dos EUA	35
2.3.3 A estrutura cartográfica da Alemanha	43
2.4 Tamanho da amostra	45
2.4.1 Tipo de amostragem	46
2.5 Coleta de dados em campo	48
2.5.1 Sistema de posicionamento global – GPS	48
2.5.1.1 Técnicas de posicionamento GPS	50
2.5.1.1.1 Posicionamento relativo estático	50
2.5.1.1.2 Posicionamento relativo estático rápido	50
2.6 Gerenciamento urbano	50
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
3.1 Definição da qualidade de uma carta	54

3.2	Definição das necessidades dos usuários	54
3.3	Área de estudo	57
3.4	Definição dos parâmetros cartográficos de qualidade geométrica	60
3.4.1	Tolerância, exatidão, precisão e tamanho da amostra	60
3.4.2	Teste de carta	61
3.5	Medição em campo dos pontos selecionados aleatoriamente	61
3.5.1	Método de levantamento de campo	62
3.5.2	Procedimentos de rastreio de campo	63
3.5.3	Escolha dos pontos a serem rastreados	64
3.6	Processamento dos dados rastreados	65
3.7	Aquisição das coordenadas gráficas	66
3.8	Obtenção da qualidade da carta digital	67
4	RESULTADOS	68
4.1	Análise das necessidades dos usuários	68
4.2	Classificação da qualidade posicional das cartas	69
4.3	Parâmetros cartográficos de qualidade	71
4.4	Definição do tamanho da amostra	72
4.5	Escolha dos pontos teste	75
4.6	Medição em campo e processamento dos dados	77
4.7	Obtenção das coordenadas do mapa	83
4.8	Cálculo dos erros posicionais	84
4.9	Avaliação do tamanho da amostra	90
4.10	Teste de Carta	92
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
5.1	Considerações referentes às hipóteses apresentadas	96
5.2	Considerações sobre a definição das necessidades dos usuários	97
5.3	Considerações sobre a definição do tamanho da amostra	98
5.4	Considerações sobre a localização dos pontos teste	99
5.5	Considerações sobre a escolha do método de levantamento de campo dos pontos teste	99
5.6	Considerações sobre a definição da qualidade geométrica do mapa digital	100
5.7	Conclusões sobre a aplicação do desenvolvimento metodológico	

ao mapa digital urbano de Gravataí	101
5.8 Recomendações	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribuição dos pontos por quadrantes	39
Figura 2.2 Distribuição dos pontos eqüidistantes	39
Figura 2.3 Extrato da carta DK5	44
Figura 3.1 Fluxograma dos procedimentos metodológicos.	52
Figura 3.2. Localização do Município no contexto estadual	57
Figura 3.3. Região urbana de Gravataí com o mapa subdividido em dois blocos.	58
Figura 3.4 Esquema geral dos módulos de processamento, sem escala.	64
Figura 4.1Localização dos pontos teste na região urbana de Gravataí.	77
Figura 4.2. Detalhamento do ponto teste, na interseção dos cordões de calçada	77
Figura 4.3 identificação e medição das coordenadas do mapa digital.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 . Necessidades cartográficas para gestão urbana	53
Quadro 3.2 Resposta dos técnicos de gestão urbana das prefeituras municipais.	54
Quadro 3.3 Questionário utilizado para identificação da classe das cartas urbanas.....	56
Quadro 4.1 Relatório do ajustamento de observações.	79
Quadro 4.2 Relatório do ajustamento de observações da região periférica	80
Quadro 4.3 Resultado do processamento de alguns pontos	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Relação atividades/escala de mapeamento	15
Tabela 2.1. Valores limites do RMSE para diversas escalas de mapeamento	41
Tabela 2.2. Quadro das fontes e efeitos dos erros envolvidos no GPS	49
Tabela 4.1. Lista dos municípios referente ao registro da exatidão posicional.....	70
Tabela 4.2. Comparação entre o produto cartográfico analógico e o produto digital.....	72
Tabela 4.3. Quadro do tamanho da amostra, para população de 10.000 eventos.....	75
Tabela 4.4. Quadro do tamanho da amostra, para população de 20.000 eventos	75
Tabela 4.5. Quadro do tamanho da amostra para população de 40.000 eventos.....	75
Tabela 4.6. Quadro do tamanho da amostra para população de 60.000 eventos.....	81
Tabela 4.7. Coordenadas GPS dos pontos teste com seus desvios-padrão.....	86
Tabela 4.8. Coordenadas e respectivos resíduos da região central.....	88
Tabela 4.9. Coordenadas e respectivos resíduos da região periférica.....	96
Tabela 4.10. Comparação das coordenadas GPS e Mapa digital e respectivos.....	97
resíduos, para a região central de Gravataí	
Tabela 4.11. Comparação das coordenadas GPS e Mapa digital com seus.....	98
respectivos resíduos, para a região periférica de Gravataí.	
Tabela 4.12. lista de coordenadas de toda a região urbana de Gravataí.....	101
Tabela 4.13. tabela do tamanho da amostra para uma população de 1.000.000 de eventos.	101
Tabela 4.14. tamanho da amostra para uma população de 500.000 eventos.....	102
Tabela 4.15. tamanho da amostra para uma população de 200.000 eventos.....	102

1 – INTRODUÇÃO

A cartografia é uma atividade do conhecimento humano que, de acordo com o XX Congresso Internacional de Geografia, realizado em Londres em 1964, definiu-a como sendo: “Conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, com vistas à elaboração e preparação de cartas, planos e outras formas de expressão, bem como sua utilização”. Portanto, a cartografia é responsável por representar a modelagem da superfície terrestre, gerando mapas para as mais diversas finalidades. No contexto nacional ou regional, rural ou urbano.

Nas atividades rurais os mapas apresentam as informações da superfície, apoiando os projetos agrícolas, de mineração, de regularização fundiária, reforma agrária dentre outras, e no âmbito urbano, redes de água e esgoto, telefonia, eletrificação, arruamentos, loteamentos, planos diretores, dentre outras.

As atividades envolvidas no dia a dia das prefeituras apresentam um elevado grau de complexidade frente a concentração populacional. Quanto maior for a densidade ocupacional em uma cidade mais precisa deverão ser as informações cartográficas que retratem esta realidade.

Para que as diversas atividades sejam exercidas, precisa-se ter disponíveis produtos cartográficos de qualidade, que atendam às necessidades do usuário. Os mapas e cartas são os documentos cartográficos mais utilizados, necessitando serem atuais, completos e precisos.

O Decreto 89917 de 20 de junho de 1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas técnicas da Cartografia Nacional, define normas e procedimentos de padronização, permitindo a avaliação e produção de cartas com qualidade compatível com padrões internacionais.

Este decreto apresenta uma avaliação da qualidade do mapa no tocante à exatidão das informações cartográficas, criando o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, e uma classificação das cartas em Classe A, B e C, como segue: (Brasil – 1984)

Classe A:

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas de nível, sendo $1/3$ (um terço) desta equidistância o Erro – Padrão correspondente.

Classe B:

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: $3/5$ (três quintos) da equidistância entre as curvas de nível, sendo $2/5$ (dois quintos) desta equidistância o Erro – Padrão correspondente.

Classe C:

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico $3/4$ (três quartos) da equidistância entre as curvas de nível, sendo de metade desta equidistância o Erro – Padrão correspondente. (BRASIL – 1984).

Pode-se notar que o PEC definido pelo decreto 89917/84 relaciona-se diretamente com as escalas das cartas E_c . Tem-se, respectivamente, $0,5\text{mm} \times E_c$, $0,8\text{mm} \times E_c$ e $1,0\text{mm} \times E_c$, para cartas classe A, B e C.

Durante muito tempo a cartografia valeu-se de mapas e cartas registradas em papel ou outro material sólido para registrar o modelo da superfície a representar. A escala da carta apresenta uma relação entre a medida registrada neste modelo e sua correspondente na superfície. Esta imposição física traz diversas conseqüências, amarrando a escala à quantidade de informações a representar e o grau de precisão com que estas informações são registradas. Como exemplo, tem-se as cartas na escala $1/2000$ que possuem uma limitação quanto ao número de informações possíveis de serem cartografadas e quanto à sua exatidão. Na prática, a limitação gráfica concorria para um erro final da carta variando entre 0,80m a 2,00 metros.

Ainda hoje, a maioria das representações da superfície da Terra está armazenada sob a forma de cartas analógicas. De acordo com o Congresso da Associação Cartográfica Internacional (ICA) de 1996, as informações cartográficas ainda estão registradas sob a forma de cartas analógicas, numa proporção de 95%.

Uma outra conseqüência desta imposição metodológica é o agrupamento da necessidade dos usuários de cartografia em classes de escala.

A tabela 1.1 apresenta este agrupamento:

Tabela 1.1: relação atividades/escala de mapeamento

Atividades/Escala	1/500	1/1000	1/2000	1/5000	1/10.000	1/50.000
Cadastro urbano						
Planejamento Urbano						
Gerenciamento Urbano						
Redes de Água e esgoto						
Energia Elétrica						

A exatidão posicional fica inerente à escala. O usuário define a escala e indiretamente é associado um valor de qualidade geométrica.

Com o avanço tecnológico este quadro está se alterando rapidamente. O emprego da informática em todas as fases de construção de uma carta apresenta como produto final da cartografia uma carta digital, sem escala direta, devendo no entanto apresentar uma medida de dispersão das informações métricas registradas em relação a suas correspondentes no terreno.

Outra característica das cartas registradas no formato digital é a inexistência teórica de limites da quantidade de informações a serem registradas, podendo muitas vezes ser superpostas, ou retiradas, dependendo da necessidade desta ou daquela informação.

A ausência de escala desagrupa os usuários pois estes precisam agora definir claramente que informações necessitam ser representadas nos mapas para desenvolvimento dos seus projetos e, qual a exatidão posicional requerida. Desta maneira, alterou-se a relação da qualidade das cartas no tocante a exatidão, precisão geométrica e completitude das cartas.

Apesar da exatidão da carta ser de grande importância na avaliação de sua qualidade, outros fatores também devem ser analisados, a atualidade, a completitude e a consistência lógica.

A atualização, que sempre foi objeto de preocupação nas representações cartográficas, pois a carta já nasce desatualizada, era de difícil implementação. Atualmente, a cartografia digital proporciona maior facilidade no processo de atualização. Há um número maior de técnicas de detecção de novas feições na superfície em relação aos mapas desatualizados, as quais permitem o lançamento das

feições detectadas. A completitude apresenta o conceito do que é completo, ou seja, se todas as feições necessárias ao bom andamento das atividades dos usuários foram cartografadas. A consistência lógica apresenta uma forma de organização entre as feições na carta.

A aplicação do decreto 89917 para as cartas digitais na avaliação de sua qualidade tornou-se questionável, pois necessitaria convertê-las do formato digital para o formato analógico, na escala apropriada, para então aplicar o PEC. Outra alternativa seria extrair as medições da própria carta digital e definir uma escala de referência para analisar a carta, somente após se chegaria aos resultados das discrepâncias. Entende-se que ambas as alternativas apresentam contra-senso, pois o PEC foi concebido para cartas analógicas e o processo digital impõe outras análises, que transcendem a questão da qualidade posicional.

Atualmente, não existe no Brasil uma norma de Padrão de Exatidão Cartográfica para verificação da qualidade posicional das cartas digitais. Não se dispõe de padrões para verificar a atualidade das cartas digitais, inexistem padrões para avaliar a completitude das informações superficiais e que necessitam ser representadas na carta. Assim, há necessidade de desenvolver padrões para avaliar a qualidade das cartas digitais.

O termo qualidade pode ser definido segundo cinco correntes de abordagem, sendo identificadas como: abordagem transcendental, abordagem centrada no produto, abordagem centrada no usuário, na fabricação e no valor do produto (PALADINI-1996)

A abordagem centrada no usuário tem o usuário como fonte de toda a avaliação sobre a qualidade de um produto. Segundo esta linha, ninguém pode pensar em qualidade se não se fixar, primeiro, no que o consumidor quer ou deseja e, a partir daí, procurar desenvolver um produto que o atenda. Desta forma, a qualidade de um produto fica condicionada ao grau com que ela atenda às necessidades e conveniência do consumidor. Torna-se relevante observar que, segundo esta abordagem, não se pode pensar em qualidade sem pensar no consumidor.

Este trabalho desenvolver-se-á enfocando a abordagem centrada no usuário, como desenvolvimento geral da qualidade do produto cartográfico.

1.1 - Objetivos:

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma proposta de normatização de padrões para avaliação da Exatidão Posicional de cartas digitais para aplicações urbanas, verificando e analisando a qualidade posicional para este fim, tomando-se como base as necessidades dos usuários de prefeituras municipais e, aplicando os padrões propostos a uma região urbana previamente escolhida.

Especificamente pretende-se:

- 1 Definir a necessidade das Prefeituras Municipais na utilização da cartografia digital urbana para atividades de gerenciamento urbano, tendo em vista a exatidão posicional planimétrica;
- 2 Desenvolver padrões planimétricos de exatidão cartográfica a ser aplicado na cartografia digital urbana;
- 3 Definir o tamanho da amostra necessário a uma perfeita avaliação de mapas urbanos municipais; e
- 4 Aplicar os padrões de exatidão cartográfica digital à avaliação de mapas urbanos municipais.

1.2 – Justificativa.

O Brasil apresenta características de população urbana crescente. Cada vez mais as populações se aglomeram em grandes centros, contribuindo para o aumento da densificação habitacional. Com a densidade demográfica urbana expandida, cada metro quadrado deve ser aproveitado de forma mais racional. Logo, as redes de serviços públicos como água, esgoto, telefonia, gás, energia elétrica, e outras, são cada vez mais densas.

Os prédios, casas, avenidas, ruas, praças, etc., vão se sucedendo e alterando dia a dia a paisagem urbana. O gerenciamento dos serviços urbanos é cada vez mais complexo. Surge a necessidade cada vez maior de mapas que apresentem a modelagem desta realidade, com detalhamento e precisão compatível com a necessidade de cada caso.

A utilização dos avanços na área da informática trouxe para a cartografia maior facilidade nos processos de elaboração de cartas e mapas e contribuiu para uma

melhoria de sua qualidade. Por outro lado, a legislação cartográfica brasileira atende a necessidade de verificação da qualidade posicional apenas de cartas analógicas, sem no entanto, fazer referência a atualidade e completitude. Assim, existe uma lacuna a ser preenchida na avaliação da qualidade das cartas digitais, com a falta de padrões que apresentem critérios de qualidade da precisão posicional, atualidade, completitude e, com a aplicação para ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a consistência lógica.

O Brasil é um País com 5561 municípios, espalhados nos seus 27 Estados. Todos eles, independentemente da sua extensão superficial ou população, necessitam de mapas e cartas que retratem sua superfície. Estes municípios, em maior ou menor frequência, mapeiam suas regiões, contratando empresas de mapeamento para gerarem seus mapas.

Apesar de existir desde 1984 (Decreto 89917) uma legislação que disponibiliza ao usuário ferramentas para verificação da qualidade geométrica dos produtos cartográficos, poucas administrações municipais utilizam essa ferramenta. Este fato se agravou com o desenvolvimento de um produto cartográfico registrado na forma digital, não previsto pelo decreto em evidência.

O que se nota atualmente são usuários (prefeituras) encomendando produtos (mapas digitais) e recebendo esses produtos sem verificar sua qualidade. Esta verificação somente acontece na prática, após o recebimento e pagamento do produto, quando os profissionais vão utilizar os mapas para as suas atividades e comparam com a realidade espacial. Muitas vezes as conseqüências desta prática são desastrosas.

Este trabalho prioriza o ambiente urbano por apresentar uma maior exigência com referência aos padrões de qualidade, em face da densidade de ocupação superficial. Desta forma, as atividades de mapeamento desenvolvidas nas cidades merecem uma atenção maior na avaliação da qualidade geométrica dos mapas.

Como a cartografia é uma atividade geradora de documentos a serem utilizados em outras atividades, há necessidade de definir os padrões de qualidade em relação aos usuários. Estes sim é que deverão definir quais os tipo de cartas que atendem aos seus objetivos.

Como as cidades brasileiras possuem uma grande variação populacional (variando de poucos milhares até aproximadamente 10.000.000 de habitantes), e com diversidades de desenvolvimento econômico, neste trabalho buscou-se utilizar cidades

representativas de parte do universo brasileiro, sendo escolhidas as cidades de Porto Alegre – RS, Florianópolis- SC e Gravataí – RS.

O Município de Porto Alegre foi escolhido por ser representativo dos 13 municípios brasileiros com mais de 1.000.000 de habitantes, por ser a capital de um estado brasileiro e por apresentar o desenvolvimento econômico baseado nos setores industriais, de serviços e comércio.

O município de Florianópolis representa os 198 municípios com população entre 100000 e 1.000.000 de habitantes e apresenta como característica peculiar, a de ser uma cidade turística, com grande variação populacional no decorrer do ano.

O município de Gravataí – RS com aproximadamente 230.000 habitantes, situa-se na região metropolitana de Porto Alegre – RS e possui a característica de ser uma cidade de crescimento industrial acelerado.

Além do critério de representatividade populacional, desenvolvimento econômico e crescimento urbano, a proximidade ao local de trabalho, o conhecimento da estrutura administrativa e o conhecimento de técnicos que pudessem auxiliar na identificação das necessidades dos usuários auxiliaram na escolha destas cidades.

1.3 – Hipóteses apresentadas

1ª Hipótese: O PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica definido na legislação cartográfica vigente é inadequado para a avaliação de cartas digitais.

2ª Hipótese: Os usuários de cartografia, de que trata este projeto, não verificam a qualidade das cartas digitais utilizadas.

3ª Hipótese: As cartas digitais urbanas devem ser construídas de forma a atender os padrões de qualidade estabelecidos.

1.4 – Organização do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos assim distribuídos:

O capítulo 1 Introdução do trabalho, apresenta o problema da verificação da qualidade das cartas digitais urbanas, os objetivos do trabalho, as justificativas que levaram à escolha deste assunto, as hipóteses a serem provadas e a organização do trabalho.

O capítulo 2 Conceituação teórica, apresenta um estudo dos conceitos envolvidos neste trabalho, experiências internacionais sobre avaliação da qualidade de cartas digitais, definições sobre os temas cartográficos envolvidos e revisão conceitual sobre propagação de erros no mapeamento e tamanho de amostras.

O capítulo 3 Procedimentos metodológicos, apresenta o detalhamento da pesquisa, e as etapas desenvolvidas para se chegar aos objetivos do projeto. Neste capítulo são apresentados o método utilizado na definição das necessidades dos usuários, o método utilizado na definição do tamanho das amostras, a forma de escolha dos pontos de teste, o método de medição dos pontos de teste, o processamento e a obtenção dos erros cartográficos posicionais.

O capítulo 4 Experimentos e resultados obtidos, apresentam os resultados da aplicação dos procedimentos metodológicos, contendo a definição do PEC – Digital a ser aplicado aos mapas digitais urbanos, contemplando ainda as tolerâncias máximas, exatidão e precisão. Ainda neste sub capítulo são apresentados os resultados da definição do tamanho da amostra, definição da amostra e escolha dos pontos de referência. O Estudo de caso apresenta uma aplicação dos resultados teóricos na avaliação da base cartográfica digital do município de Gravataí – RS, com a medição dos pontos testes, processamentos, comparação com os pontos registrados no mapa digital e os devidos testes estatísticos e sua classificação.

O capítulo 5 Conclusões e considerações finais, apresentam as conclusões obtidas no trabalho, as avaliações das hipóteses e dos objetivos propostos, uma reflexão sobre o tema abordado, as soluções adotadas, assim como possíveis pesquisas a serem desenvolvidas.

2. CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento deste trabalho faz-se necessário apresentar alguns estudos e conceitos sobre os temas a serem abordados. Este capítulo apresenta algumas conceituações sobre os temas qualidade do produto, qualidade cartográfica, legislação cartográfica, parâmetros estatísticos de qualidade, cartografia digital, posicionamento GPS e gerenciamento urbano, além de experiências internacionais na verificação da qualidade de cartas digitais.

2.1 – CONCEITOS BÁSICOS SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO

Quando se pesquisa o termo qualidade, depara-se com inúmeras definições. BUENO (1996) define qualidade como sendo “ Característica de uma coisa; modo de ser; disposição geral; predicado; nobreza; espécie; gravidade, aptidão.

A Enciclopédia Larrousse Cultural apresenta as seguintes informações sobre qualidade:

Qualidade: Do latim, qualitas, qualitatis.

1. Aspecto, maneira de ser de um objeto, atributo. Conjunto das modalidades sob as quais se apresenta.
2. Conjunto dos caracteres, das propriedades das coisas, capaz de distingui-las das outras e de lhe determinar a natureza.
3. Em uma escala de valores, o que torna alguma coisa superior à média; ex: a seda japonesa é de melhor qualidade.

JURAN e GRZYNA – (1991) apresentam a palavra qualidade com dois significados:

1. A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto;
2. A qualidade é a ausência de falhas.

Neste caso, o produto é o resultado de qualquer processo. Uma característica é uma propriedade que um produto possui e que visa atender a certas necessidades do cliente. Todos os clientes têm necessidades que devem ser atendidas, e as características do produto devem atendê-las.

As características do produto, que atendem às necessidades do cliente, fornecem a “satisfação com o produto”, fator decisivo para sua comercialização.

O mesmo autor informa que algumas pessoas definem a qualidade como sendo a conformidade com alguns padrões, por exemplo, conformidade com as especificações, com os procedimentos ou necessidades. Tais definições podem auxiliar no esclarecimento da responsabilidade com a qualidade que têm os trabalhadores e supervisores. Nesses níveis, o pessoal pode não ter um conhecimento total das necessidades dos vários clientes. Contudo, esses trabalhadores e supervisores precisam de definições claras de suas responsabilidades no que diz respeito à qualidade.

Segundo JURAN e GRZYNA (1991) o Glossário da Organização Européia para o controle da Qualidade (1981) apresenta a seguinte definição para qualidade: “a totalidade das características de um produto ou serviço relacionada com sua habilidade em satisfazer uma determinada necessidade”.

A Enciclopédia soviética define qualidade da seguinte maneira: “Qualidade de produtos, o conjunto das propriedades de um produto que determinam sua habilidade às necessidades para as quais ele foi criado”.

Dentro do ambiente dos estudos da qualidade de um produto, sendo ele cartográfico ou não, existem pontos de vistas diferentes com relação aos usuários e fornecedores. Na maioria das vezes os usuários expressam suas necessidades por meio de uma linguagem própria. Os fornecedores devem entender as necessidades reais e também traduzi-las para sua própria linguagem.

É comum o cliente expressar suas necessidades na forma de bens, quando suas necessidades reais são os serviços oferecidos por esses bens.

GARVIN appud PALADINI – 1984 apresentou cinco abordagens para definir qualidade, que podem ser identificadas como: Abordagem transcendental, abordagem centrada no produto, abordagem centrada no usuário, na fabricação e no valor do produto.

A abordagem transcendental apresenta a qualidade como uma característica, propriedade ou estado que torna um produto ou um serviço plenamente aceitável, embora esta aceitação seja derivada não de análises e estudos feitos, mas da constatação prática, proveniente, no mais das vezes, de experiências.

A abordagem centrada no produto apresenta a qualidade como uma variável passível de medição e até mesmo precisa. É plenamente possível avaliar a qualidade de um produto sem o uso de opiniões, preferências, pontos de vistas.

A abordagem centrada no valor agrega qualidade aos custos de produção e considera que um produto é de boa qualidade se apresentar alto grau de conformação a um custo aceitável. Como consequência, o produto pode ser vendido a um preço razoável, que, no final, é o que interessa. Assim um produto apresenta qualidade se oferecer melhor desempenho.

A abordagem centrada na fabricação apresenta um produto que atenda plenamente as especificações previamente definidas.

A abordagem centrada no usuário fixa-se no usuário como fonte de toda a avaliação sobre a qualidade de um produto. Segundo esta linha, ninguém pode pensar em qualidade se não se fixar, primeiro, no que o consumidor quer ou deseja e, a partir daí, procurar desenvolver um produto que o atenda. Desta forma, a qualidade de um produto fica condicionada ao grau com que ela atende às necessidades e conveniência do consumidor.

Torna-se relevante observar que, segundo esta abordagem, não se pode pensar em qualidade se não se pensa no consumidor.

Quando o produto a ser analisado é uma carta ou mapa digital, os usuários são aqueles que utilizam este produto para as suas atividades, os usuários. Neste estudo, os usuários que utilizam as cartas e mapas para desenvolverem suas atividades de gerenciamento urbano, contemplando arruamentos, praças, parques, plano diretor, loteamentos, duplicação de vias, etc.

Neste trabalho adotar-se-á a abordagem centrada no usuário, identificando suas necessidades diárias e definindo suas necessidades cartográficas.

2.2 - A QUALIDADE DE UMA CARTA DIGITAL

Tendo em vista as definições apresentadas no item anterior, e considerando a abordagem de qualidade centrada no usuário, pode-se definir a qualidade de uma carta digital como sendo “ As características que esta carta deverá apresentar para satisfazer plenamente as necessidades dos usuários que buscam este produto” .

Como o termo “mapa digital” é relativamente novo, faz-se necessário defini-lo. Para tanto, será utilizada a definição apresentada em Brandão et alli (2001). “O termo *mapa digital* ou modelo cartográfico digital, deve ser compreendido como o conjunto de registros das informações cartográficas, através de entidades gráficas e alfanuméricas armazenadas na forma digital, cuja interpretação por programas específicos permite a sua apresentação na forma cartográfica e, também, a realização de análises espaciais a partir da estrutura topológica construída e da vinculação das entidades gráficas com os dados alfanuméricos”.

O mesmo trabalho define os termos informação cartográfica, processo cartográfico analógico e processo cartográfico digital. Informação cartográfica é a informação geográfica registrada e apresentada através de sinais gráficos convencionados pertinentes à linguagem cartográfica e disposta através de modelos cartográficos de representação. O processo cartográfico analógico é aquele em que os procedimentos e os meios empregados para a produção e a apresentação da informação cartográfica conduzem ao uso exclusivo de modelos cartográficos analógicos, tradicionalmente conhecidos como mapas impressos. O processo cartográfico digital é aquele que utiliza instrumentos computadorizados para a produção, o armazenamento e o uso de informações cartográficas, disponibilizando-as através de algum modelo cartográfico digital ou “mapa digital”.

Quando se estuda a avaliação da qualidade dos documentos cartográficos, diversas classificações e termos são apresentados, variando em função de alguns autores.

MONTGOMERY E SCHUCH (1993) informam que, dentro do ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas) existem três categorias de características para as quais a qualidade de dados tem que ser definida. As características gráficas, com a posição das feições e suas representações; os atributos e a “inteligência” da base de dados. As categorias possuem componentes de qualidade de dados semelhantes, como completitude, atualidade e cobertura, mas as características gráficas também estão sujeitas a considerações de qualidades cartográficas. O mesmo autor divide a qualidade dos dados para SIG em qualidade cartográfica e qualidade da informação. A qualidade cartográfica divide-se em acurácia relativa, acurácia absoluta e qualidade gráfica. A acurácia relativa é a medida do desvio máximo entre dois objetos medidos no mapa e seus correspondentes na superfície terrestre. A acurácia absoluta é a medida do desvio máximo entre a localização onde a feição é lançada no mapa e sua verdadeira

localização na superfície terrestre. A qualidade gráfica se refere à legibilidade dos dados, consistência da representação gráfica, estéticas, e ajuste dos padrões gráficos normalmente adotados por padronizações dentro do projeto específico de cada usuário. A qualidade da informação pode ser subdividida em completitude, justeza, atualidade e integridade.

STANEK appud BURITY (1999) apresenta os seguintes parâmetros para avaliação de uma carta digital: acurácia posicional, acurácia de atributos, consistência lógica e completitude e tempo. A mesma autora complementa os estudos anteriores agregando aos parâmetros já mencionados a qualidade gráfica, linhagem (referente a origem das informações), resolução, acessibilidade e custos.

CASPARY appud PAULINO – 2000 sugere que na avaliação da qualidade das cartas digitais sejam considerados os seguintes aspectos: origem dos dados, precisão de posicionamento, precisão dos atributos, consistência lógica, completitude, atualidade. O mesmo autor complementa a informação citando que é necessário também ser acrescida a questão da semiografia adotada no modelo de representação cartográfica, considerando-se que isso permitirá a avaliação do modelo quanto à facilidade para leitura e compreensão das informações transmitidas.

O Land Management Information Center of Minesota apresenta em seu Positional Accuracy Handbook cinco componentes de qualidade dos dados geográficos: acurácia posicional, como sendo o quanto as posições das feições mapeadas se aproximam da sua real localização; acurácia de atributos, como sendo o quanto as feições são identificadas no mapa com suas reais características; consistência lógica referindo-se a forma com que as feições são registradas e suas ligações com outras feições; completitude como o grau com que os mapas registram as informações necessárias para seu uso e; linhagem, referindo-se a origem das fontes de dados utilizadas na construção do mapa digital.

Estes autores concorrem, em linhas gerais para os mesmos grupos de parâmetros a serem observados na qualidade das cartas digitais: o parâmetro que analisa a qualidade posicional das informações, a época com que os dados foram obtidos, o tipo de dado a ser representado, a estrutura da representação, suas interligações e a simbologia empregada na representação.

Apesar da importância dos diversos parâmetros de avaliação da qualidade das cartas digitais, este trabalho dedicar-se-á a discussão da avaliação da qualidade com referência à exatidão posicional. Mesmo assim, serão apresentados os conceitos relevantes referentes aos outros parâmetros de avaliação: atualidade, completitude, consistência lógica e semiologia.

2.2.1 - Exatidão posicional

É inegável que a qualidade da posição das informações cartografadas constitua-se em um dos principais, se não o principal parâmetro de qualidade das cartas. Tanto na forma analógica, quanto na modalidade digital.

Sobre este assunto, diversos termos são apresentados na bibliografia específica e que merecem ser apresentados e definidos neste capítulo. Os termos mais encontrados são: Precisão, acurácia, exatidão, precisão relativa, precisão posicional, acurácia relativa, acurácia absoluta, precisão de vizinhança, precisão absoluta, etc.

TEIXEIRA e CHRISTOFOLETI (1997), no contexto de uma mapa definem o significado de precisão como sendo “o grau de fidelidade na representação de um elemento, em relação à posição e aos valores reais do elemento representado. Num banco de dados geográfico, a precisão também leva em consideração o conteúdo, a correta identificação dos detalhes, a frequência, a característica temporal dos dados e sua integridade topológica”.

LARROUSE CULTURAL (1999) define precisão como sendo: “Qualidade de uma medida ou de um instrumento capaz de fornecer, com grande aproximação, o mesmo resultado quando a medida é repetida inúmeras vezes (poder-se-á dizer neste caso, que a média de indicações da grandeza medida está bastante próximo do valor esperado ou correto)”.

O Federal Geographic Data Committee no Geospatial Positioning Accuracy Standards apresenta o conceito de acurácia (accuracy), como sendo: “Proximidade de um valor estimado (medido ou calculado) comparado com um valor “verdadeiro” ou

aceito como verdadeiro, de uma quantidade particular. (National Geodetic Survey, 1986)”¹.

BAHR e VOGTLE – 1999, definem “acurácia como o grau de afastamento das medições do seu valor verdadeiro. Normalmente a acurácia é caracterizada pelo desvio padrão ou erro médio quadrático. A precisão é definida como o número de casas decimais ou dígitos significativos nas medições. A precisão não possui o mesmo significado que acurácia. Um grande número de dígitos significativos não é necessariamente indicativo de medições acuradas. A precisão expressa a repetibilidade das medições”.

GEMAEL – 1994 informa que “nos textos da língua inglesa ocorrem dois vocábulos, accuracy e precision, que apesar de aparentados não são sinônimos, e que traduziremos respectivamente por acurácia e precisão. O termo “precisão” está vinculado apenas a efeitos aleatórios (a dispersão das observações) enquanto “acurácia” vincula-se a ambos, efeitos aleatórios e sistemáticos”.

PRAZERES - 1993 em seu dicionário de termos da qualidade informa que exatidão e acurácia possuem o mesmo significado, sendo: exatidão (acurácia) a proximidade entre um valor observado e o valor aceito como referência. a) Termo qualitativo que descreve o grau de proximidade que as indicações de um instrumento se encontram do valor real de uma quantidade, propriedade ou condições objeto de medição.

ANDRADE appud LEAL – 1998 apresenta o termo exatidão cartográfica como sinônimo de acurácia, que é o afastamento que, como um todo, a carta teria da verdade topográfica, enquanto que a precisão refere-se unicamente à dispersão de valores observados, no caso, dos erros nos vários pontos da carta. Estas últimas definições serão adotadas neste trabalho, sendo usado o termo exatidão e precisão.

A exatidão poderá ser subdividida em exatidão planimétrica e exatidão altimétrica.

¹ Como o valor verdadeiro não é conhecido mas somente estimado, a acurácia é também desconhecida. Então, a acurácia de uma coordenada somente pode ser estimada. (Geodetic survey Division, 1996).

A exatidão planimétrica está relacionada com a posição das coordenadas planimétricas em relação aos vértices de controle, referenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

A exatidão altimétrica está relacionada com as informações altimétricas registradas na carta digital, em relação às RRNN referenciadas ao SGB.

Interpretando as diversas definições sobre a qualidade geométrica de uma carta digital pode-se deduzir que a exatidão apresenta o grau com que a informação espacial está registrada em sua verdadeira posição, com referência a um referencial Terrestre (referencial geodésico) e com referência às outras informações adjacentes (exatidão de vizinhança). Esta conceituação será adotada neste trabalho, na avaliação da qualidade geométrica de uma carta.

Na concepção de uma carta, a qualidade geométrica deve ser definida em função da necessidade posicional de representação das feições com referência às atividades executadas pelos usuários. Os usuários devem definir qual a tolerância máxima a ser aceita na representação cartográfica que não comprometa a execução do serviço a ser desenvolvido pelo usuário. Desta forma, cada usuário poderá chegar a conclusão de sua tolerância, e, conseqüentemente, a exatidão necessária para a elaboração de sua carta digital. Uma vez definido estes valores, os executores das bases cartográficas poderão definir o processo de geração das cartas digitais que atendam aos quesitos especificados.

2.2.2 - Atualidade

Uma carta, por definição, deverá apresentar um modelo da real situação da porção superficial que ela representa. Com a dinâmica de alteração superficial vivenciada principalmente no espaço urbano, a variável temporal assume um papel fundamental.

Na análise da atualidade de uma carta é importante observar a data em que foram colhidas as informações (vô fotogramétrico, última atualização ou levantamento topográfico). O processo de geração de um documento cartográfico, contando desde a coleta da informação superficial, até a disponibilização para o usuário final, pode levar de 6 meses a 2 anos geralmente. Logo, o mapa novo já chega desatualizado.

No estudo da atualização cartográfica algumas definições merecem ser discutidas.

ROCHA (1996), afirma que a atualização cartográfica é “um processo de identificação das alterações das feições geográficas na superfície física em evidência, e seu posterior registro na base cartográfica disponível”.

ROBBI (1990), apresenta os métodos de atualização classificando-os em cíclico, seletivo e contínuo. No primeiro a atualização é realizada em intervalos de tempo predefinidos. No seletivo, a atualização é realizada segundo uma ordem de prioridades e, no contínuo, mantém-se, neste caso, a carta permanentemente atualizada.

Sem dúvida, a atualização contínua é a mais recomendada. No entanto, em alguns casos é a de maior custo e em outros casos, de difícil implantação. A utilização deste ou daquele método dependerá da dinâmica de alteração superficial, da finalidade das cartas e dos recursos disponibilizados para a atualização.

PAULINO (1999), informa que atualmente, em função das facilidades oferecidas pela computação eletrônica, o processo de manutenção de uma base cartográfica pode ser sistematizado com o aproveitamento mais intenso de dados existentes, ou provenientes de novos projetos executados ou seja, com o aproveitamento de plantas e outros dados geométricos provenientes de projetos específicos, efetivamente realizados.

Nesse sentido, considera-se que o problema da atualização de uma base cartográfica digital pode ser equacionado a partir da definição de uma estratégia, através da qual seja implementada uma dinâmica de atualização dos dados, envolvendo, nesse processo, os operadores e os usuários do sistema de informações.

PROCTOR e NEWBY (1988) apud ROBBI (1991) apresenta a experiência da Grã-Bretanha, vivida desde 1938 com as seguintes características principais:

a) Unidade de mudança: a definição das unidades permite a quantificação das mudanças, e depende do estabelecimento de critérios de equivalência, tais como: avaliação de sua importância ao usuário, necessidade para a atualização, tempo gasto no levantamento, etc. Estas unidades podem ser lote, trecho de rodovia, ferrovia, oleoduto, linhas de transmissão de energia elétrica, ..., etc.

b) Método de atualização contínua: como este prevê, teoricamente, que a cada mudança no espaço físico a carta seja imediatamente atualizada, meios para sua implantação devem ser considerados. Como os custos da atualização contínua podem inviabilizá-la, pois esta é executada por levantamentos terrestres (ou de campo), na prática determina-se qual a quantidade mínima de feições a serem levantadas de modo a justificar economicamente o serviço. Com isso sempre há uma quantidade menor de detalhes que

não são economicamente viáveis, e por isso, quando a carta atinge uma nova edição, é toda percorrida para atualizar todas as mudanças notáveis.

PHILIPS (2000), informa que o programa de atualização da Alemanha é realizado a partir dos seus Estados, sendo na modalidade contínua e cíclica. A modalidade contínua é aplicada nas cartas cadastrais. Cada alteração no registro de imóveis é lançada na carta cadastral. A atualização cíclica ocorre na carta geral de 1/5.000. Esta atualização é executada em intervalos de cinco anos, generalizando informações das cartas cadastrais e detectando novas feições por processos fotogramétricos. Cada Estado Alemão é subdividido em cinco regiões. A cada ano é implementado o processo de atualização em uma das regiões. Sendo assim, o órgão responsável atua continuamente na atualização, efetuando um rodízio entre as regiões.

FLEMMING (1974) appud ROBBI (1991) relata a experiência sobre a atualização da base cartográfica do cadastro multifinalitário da Província de “Prince Edward Island” no Canadá. Neste caso é utilizada a atualização cíclica, com intervalos de 5 anos para as regiões urbanas e 10 anos para as regiões rurais. Nos intervalos destes períodos as atualizações são processadas à medida que as alterações do meio físico são informadas por órgãos ligados ao meio ambiente. Neste caso os loteamentos, subdivisões e permissão para construções permitem a atualização contínua.

Na avaliação da qualidade das cartas digitais a atualização cartográfica assume um papel fundamental, principalmente nas cartas urbanas. Até o presente momento não foi verificado nenhum padrão nacional ou internacional de parametrização da atualidade cartográfica. Pode variar em função do usuário e este deverá informar até quando uma carta ainda está atual.

2.2.3 – Completitude

O termo completitude, derivado do termo “completeness” da língua inglesa apresenta o entendimento de perfeição, do que é completo.

MONTGOMERY and SCHUCH (1993) afirmam que a completitude é medida pelo grau com o qual todas as feições são incluídas na base de dados, quando isso ocorre, diz-se que o mapa está completo.

PAULINO (1999) introduz a interpretação de relatividade da completitude. “A medida da completitude da base cartográfica é relativa e depende das necessidades de seus usuários. Desta forma, uma base pode ser considerada incompleta para um grupo de

usuários e, ao mesmo tempo, considerada excessivamente detalhada para outros” . Dentro desta filosofia, a completitude poderá ser verificada comparando-se as informações registradas no mapa com as informações definidas pelos usuários como necessárias para o desenvolvimento das suas atividades.

ARONOFF (1995) classifica a completitude em três grupos: cobertura, a de classificação e a de verificação.

a) A completitude de cobertura, relaciona-se ao nível de detalhamento observado nos levantamentos dos dados e na seleção das informações;

b) A completitude de classificação refere-se ao tipo de classificação que o dado recebe para sua representação.

c) A completitude de verificação refere-se à quantidade de distribuição de medições em campo ou outros tipos independentes de informações que são usadas para fomentar os dados das cartas. A completitude de verificação apresenta a avaliação das informações coletada por outro método de levantamento complementar ao método principal de mapeamento. Uma rede subterrânea ou parte de construções não visualizadas na restituição podem ser exemplos da completitude de verificação.

Através das definições e classificações do termo completitude conclui-se que ela está diretamente relacionada com a qualidade das cartas digitais, pois para uma carta ser classificada de boa qualidade ela deverá representar todas as informações definidas pelos usuários como importantes para serem cartografadas.

Cabe salientar a distinção dos termos completitude e atualização, verificada em algumas definições. Uma completitude baixa reporta-se a um erro de mapeamento pois as informações a, b ou c estão presentes na superfície e não foram mapeadas. Um mapa desatualizado é aquele que não representa as informações superficiais pois estas foram modificadas após o processo de aquisição das informações.

2.2.4 – Consistência lógica

Outro fator merecedor de análise na avaliação da qualidade de uma carta digital é a forma de estruturação e organização das informações na base de dados. Esta necessidade cresce em importância na construção dos modelos cartográficos para suporte aos Sistemas de Informações Geográficas.

BURITY (1999) entende por consistência lógica o tipo de relacionamento existente entre duas feições representadas no terreno, ou seja, qual a melhor lógica de representação entre elementos em que exista algum tipo de relacionamento. A mesma autora apresenta uma preocupação na busca de se estruturar uma consistência lógica entre as feições.

Os programas de processamento gráfico dispõem de recursos para identificação de feições abertas, duplicadas, e outros. Estes recursos facilitam o processo de edição de cartas em meio digital, mas deve ser utilizado como critério; uma feição pode tornar-se logicamente consistente após o processo de edição, mas pode perder sua acurácia posicional.

A consistência lógica pode ser dividida, segundo DAOSHENG (1995) em dois fatores: na geografia apropriada de representação e no correto relacionamento topológico. O primeiro diz respeito ao método de apresentação, que para uma dada feição deve ser o mesmo, se esta é representada em mais de um nível de informação. O segundo fator traduz a melhor forma, ou na forma mais correta de relacionamento de contiguidade, conectividade e adição de informações entre feições.

ARONOFF (1995) appud PAULINO (1999) considera que a consistência lógica pode ser avaliada pelo nível de organização dos componentes da base cartográfica. O mesmo autor informa que a consistência lógica deverá ser construída desde o início, na aquisição dos dados e também na geração de cada mapa componente da base cartográfica. Desta forma reduz-se significativamente as etapas de pós-processamento e edição dos dados gráficos. Ainda PAULINO (1999) define consistência lógica como "a propriedade que o modelo de representação tem para permitir a realização de interações de dados e análises espaciais, segundo os propósitos definidos para o sistema de informações que a contém".

2.2.5 – Simbologia

A elaboração de um mapa é um processo de comunicação, em que o cartógrafo modela a realidade física e representa-a sob a forma de símbolos gráficos a serem decodificados. Se existisse um mapa perfeito este não precisaria ter legenda. Todas as informações seriam automaticamente decodificadas pelo usuário em função da relação da realidade espacial com a representação. Infelizmente este mapa não existe, e um

mapa de qualidade passa necessariamente pela qualidade semiográfica das informações cartografadas.

CAUVIN (1999) appud PAULINO (1999) informa que o sucesso da comunicação cartográfica deve-se principalmente as regras de legibilidade definidas pela densidade gráfica – quantidade de sinais por área do mapa; separação angular – relacionada à dimensão do sinal e, pela acurácia visual – ou o contraste alcançado no contexto da representação, em benefício da hierarquia da feição.

Apesar da importância do estudo da simbologia no processo de avaliação da qualidade de uma carta digital, este parâmetro não será estudado neste trabalho.

2.3 – LEGISLAÇÃO CARTOGRÁFICA

O mapa é um produto criado por um processo de mapeamento, cuja qualidade deve ser garantida por leis e normas específicas que apresentem minimamente os parâmetros de qualidade necessários à satisfação das necessidades dos usuários. O Brasil possui uma legislação que contempla, mesmo que parcialmente esta preocupação. Alguns países também contemplam esta necessidade com leis e normas de controle de qualidade.

2.3.1 – Legislação cartográfica brasileira

O Decreto nº 89817, que estabelece as instruções reguladoras e normas técnicas da cartografia nacional se destinam a estabelecer procedimento e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas (Art. 2º). Este decreto define os serviços cartográficos ou de natureza cartográfica como sendo toda operação de representação da superfície terrestre ou parte dela, através de imagens, cartas, plantas e outras formas de expressão afins, tais como definidas no artigo 6º do Decreto-Lei nº 243/67 e seus parágrafos. (art. 5º).

Este Decreto apresenta ainda , na seção 1 a classificação de uma carta quanto à exatidão; seção 2 as classes de cartas quanto a sua exatidão e no capítulo III os Elementos obrigatórios de uma carta.

Neste decreto é estabelecido o PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica e o erro padrão, a serem utilizados na avaliação da qualidade posicional das cartas. Este PEC

permite classificar as cartas como A, B ou C em função dos testes de avaliação posicional das feições mapeadas em comparação com as coordenadas dos seus pontos homólogos obtidos por processos precisos de medição no terreno. Exemplificando, tem-se o valor do PEC planimétrico de 0,5 mm na escala da carta, sendo 0,3 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente, para cartas classificadas como classe A.

Estes valores correspondem ao acúmulo de erros cometidos nas diversas etapas de elaboração de uma carta, tanto na coleta da informação quanto na sua representação.

Com a utilização dos avanços da informática presenciados na Engenharia Cartográfica, as etapas de elaboração de uma carta tiveram um ganho de qualidade na aquisição das informações, no processamento, gerenciamento dos dados e na representação. Desta forma, estes valores do PEC deverão ser redimensionados para a realidade metodológica atual.

Outro fator merecedor de análise é a amarração do PEC a escala. Exemplificando: PEC = 0,5 mm na escala da carta. Para cartas 1/1000 tem-se PEC de 0,50 metros. Para cartas na escala 1/5000 PEC de 2,5 metros, etc. Atualmente a carta digital não possui uma relação direta com a escala como nas cartas analógicas. A escala assume um papel referencial. Pode-se gerar uma carta digital utilizando métodos topográfico amarrados a pontos obtidos por processamento GPS e desenhá-la nas escalas de 1/500, 1/1000 ou mesmo 1/2000.

Nas cartas digitais, a importância da posição das feições registradas é dada pela sua exatidão. Neste exemplo topográfico, o erro máximo pode ser da ordem de 0,20 metros. A finalidade das cartas é que determinará o erro máximo admissível na elaboração da carta.

Cabe lembrar ainda, que na cartografia convencional, a carta impressa no papel ou material plástico transparente (papel vegetal, cronaflex, poliéster,) era o documento que servia de base para a extração das informações cartografadas. Como esta carta era desenhada em uma escala fixa, nada mais natural que o PEC fosse vinculado à escala da carta.

Atualmente o documento base para extração das informações cartografadas é a carta armazenada em meio digital, através de programas específicos com ferramentas precisas. Desta forma, o PEC preconizado no Decreto 89817/84 não foi concebido para aplicações às cartas digitais, sendo difícil sua utilização para esta finalidade.

2.3.2. – Legislação cartográfica dos Estados Unidos da América

O Estados Unidos da América – EUA em 1941 desenvolveu critérios de avaliação da exatidão posicional a serem aplicados a mapas federais, conhecidos como National Map Accuracy Standard, dividindo a avaliação da exatidão posicional de duas etapas: Exatidão posicional horizontal e Exatidão posicional vertical, assim definido:

1. Exatidão Horizontal: Para mapas publicados em escala maior que 1:20.000, não mais que 10% dos pontos testados poderão apresentar erro maior de 1/30 polegadas (0,85 mm), medido na escala de publicação; para mapas publicados nas escala de 1:20,000 ou menores, 1/50 polegada (0,508 mm). Estes limites de exatidão são aplicados em todos os casos, comparandos com posições de pontos bem-definidos.

Pontos bem-definidos são aqueles facilmente visíveis ou recuperáveis no solo, como exemplo: monumentos ou marcadores, como marcas de bancos, divisas de limite de propriedade; interseções de estradas, vias férreas, interseção de cordões de calçadas, etc.; cantos de edificios grandes ou estruturas (ou pontos de centro de pequenos edificios).

2. Exatidão vertical, aplicando às curvas de nível de mapas em todas as escala de publicação, seja tal que não mais que 10 por cento das elevações testado poderão apresentar erro maior que a metade da equidistância das curvas de nível.

3. A exatidão de qualquer mapa poderá ser testada comparando as posições dos pontos extraídos dos mapas com seus correspondentes homólogos cujas posições são determinadas por levantamento de campo de alta exatidão. Os testes deverão ser feitos pela agência produtora que também determinará quais de seus mapas serão testado, e a extensão da prova.

4. A publicação dos mapas que cumprirem esta exigência de exatidão deverá apresentar em sua legenda as inscrições como segue: " Este mapa obedece a exatidão de acordo com o Padrão Nacional de Exatidão Cartográfica".

5. A publicação dos mapas que apresentarem erros excedendo o limite padronizado deverão omitir de suas legendas qualquer menção sobre o padrão de exatidão.

6. Quando um mapa publicado for originário de uma ampliação de um desenho de mapa (manuscrito) ou de um mapa publicado, este fato deverá ser declarado na legenda, exemplificando: " Este mapa é uma ampliação de um mapa na escala 1:20.000.

7. Para facilitar o intercâmbio e uso de informações básicas na construção de mapas entre todas as agências Federais de mapeamento, os mapas manuscritos e mapas

publicados, desde que economicamente possível e consistente com os usos para o qual o mapa será elaborado, conformará os limites de latitude e longitude, sendo 15 minutos de latitude e longitude, ou 7.5 minutos, ou 3-3/4 minutos de tamanho.

O padrão de exatidão foi escrito para aplicação à mapas desenhados e impressos, muito antes da utilização dos dados espaciais digitais. No documento do MINNESOTA PLANNING – 1999 essa norma é apresentada como utilização inicial a verificação da exatidão a uma série de mapas elaborados por agências federais de mapeamento. A legislação dos EUA especifica não apresenta qualquer referência sobre o tipo de teste a ser aplicado aos pontos utilizados e o significado do termo “ alta qualidade” . Nenhum critério específico é apresentado. As características gerais da legislação apresentam os padrões de exatidão dependente das escalas de publicação. Mapas com escalas menores que 1/20.000 e com escalas maiores que 1/20.000. Ainda sobre a legislação do EUA não se faz nenhuma referência quanto ao número mínimo de pontos a serem testados na verificação da exatidão cartográfica.

Em 1958, o U.S.Geological Survey (USGS) começou a testar a exatidão de seus mapas sistematicamente. Presentemente a exatidão cartográfica é testada em 10% da cartografia elaborada, definindo assim um método de avaliação global. Os resultados mostraram que, raramente, os testes de cartas apresentaram valores acima da tolerância permitida, apesar de algumas cartas terem sido reprovadas no teste.

“Para estes testes, os peritos de USGS selecionaram 20 ou mais pontos bem-definidos nas cartas e no terreno. As posições foram estabelecidas nos pontos de teste por procedimentos de campo que usaram técnicas de agrimensura sofisticadas para determinar suas coordenadas. Os métodos de levantamento de campo são os únicos testes aceitos para prova de exatidão oficial”.

<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/factsheets/fs17199.html>. - 03/01/2002.

Em 1998 o Comitê Federal de Dados Geográficos dos EUA (FGDC-STD-007.3) aprovou o Padrão Nacional para Exatidão de Dados Espaciais (National Standard for Spatial data Accuracy – NSSDA, apresentando uma versão atualizada do NMAS (National Map Accuracy Standards) Padronização Nacional de Exatidão Cartográfica, pois este último foi definido antes do advento dos dados digitais). Nesta versão de padronização para dados cartográficos digitais a verificação da qualidade (positional accuracy) passou de 90%, do nível de confiança para 95 %. Esta padronização se aplica tanto para dados digitais como para dados gráficos.

O Positional Accuracy Handbook – 1999 apresenta a padronização nacional para exatidão de dados espaciais, descrevendo um modo de medir e informar a exatidão posicional das informações geográficas registradas nos mapas.

Aprovado em 1998 o NSSDA reconhece a necessidade de se avaliar as informações geográficas digitais, cada vez mais crescentes. O Manual de exatidão posicional oferece prática informação em como aplicar o Padrão de Exatidão para uma variedade de dados de informações geográficas.

O manual apresenta sete passos para aplicar o NSSDA:

1. Determinar se o teste envolve exatidão horizontal, exatidão vertical ou ambas;
2. Selecionar um conjunto de pontos de dados a ser avaliado;
3. Selecionar um conjunto de pontos de dados homólogos independentes, a serem obtidos por método de campo de mais alta qualidade que as coordenadas obtidas das cartas;
4. Calcular as listas de pontos homólogos de diferentes métodos de obtenção das coordenadas;
5. Calcular os parâmetros estatísticos de exatidão posicional em comparação com os resultados das duas listas de coordenadas;
6. Preparar uma declaração de exatidão em uma forma de relatório unificado;
7. Incluir o relatório unificado no conjunto de informações sobre os dados disponíveis, chamado metadata.

Detalhamento dos Passos a serem seguidos:

1. Determinação de qual teste será executado.

O primeiro passo a ser aplicado no NSSDA é identificar as características espaciais do conjunto de dados que será testado. Se exatidão planimétrica, se exatidão de elevação, com avaliação de z ou ambas, com avaliação de x, y e z.

2. Seleção de pontos teste.

A precisão de uma coleção de dados é testada comparando as coordenadas de vários pontos dentro dos dados fixos às coordenadas dos mesmos pontos dos dados obtidos de forma independente, por processo de maior precisão. Os pontos a serem usados devem ser bem definidos, fáceis de achar e medir em ambos os métodos, no mapa e no levantamento independente.

Para dados derivados de mapas a uma escala de 1:5.000 ou menor, pontos localizados na interseção de feições lineares podem ser bem aproveitados. Estes poderiam ser interseções de estradas, vias férreas, canais, caminhos, cercas e oleodutos. Para dados derivados de mapas na escala maior que 1:5.000 – limites de propriedade, por exemplo, interseções de calçadas, meio-fios ou canais são usados satisfatoriamente.

São exigidos vinte ou mais pontos teste requeridos para conduzir a uma significativa avaliação estatística da exatidão, considerando o tamanho do conjunto de dados ou a área de abrangência. Vinte pontos proporcionam um processamento ao nível de confiança de 95%.

Se menos de 20 pontos teste puderem ser utilizados, o NSSDA não poderá ser aplicado. Nestes casos o Comitê Federal de dados Geográficos descreve três alternativas para determinar a exatidão posicional:

- 1) estimativa dedutiva,
 - 2) evidência interna; e,
 - 3) Comparação entre as fontes de dados.
3. Seleção do conjunto de dados independente.

O conjunto de dados para teste deve ser adquirido separadamente do conjunto de dados que é testado e deve ser da mais alta exatidão disponível. Em geral, o conjunto de dados independente deve ser três vezes mais exato que a expectativa de exatidão do conjunto testado. Infelizmente, nem sempre é possível. Neste caso deve-se utilizar o método de mais elevada exatidão possível e documentar a exatidão do método e os respectivos resultados alcançados.

Quando os dados testados definem uma área retangular de abrangência e acredita-se que é uniformemente exato, uma distribuição ideal de pontos teste deve privilegiar pelo menos 20 por cento dos pontos por quadrante (veja figura 2.1).

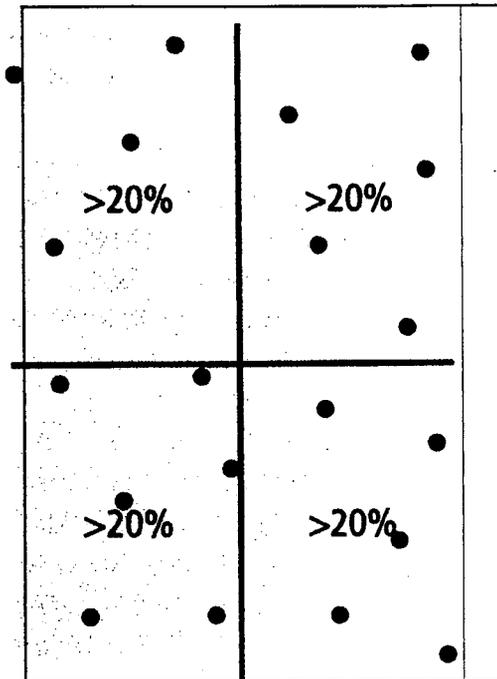


Figura 2.1 distribuição dos pontos por quadrantes

2). Os pontos teste devem ser espaçados a intervalos de 10 por cento da distância da diagonal do retângulo definido pela área de abrangência.

A figura 2.2 obedece a ambas as exigências.

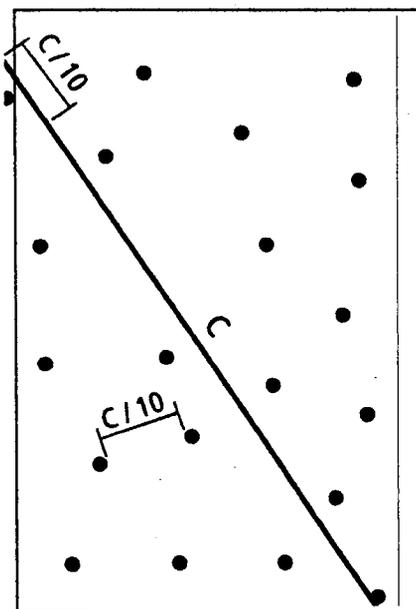


Figura 2.2 Distribuição dos pontos equidistantes

O conjunto de dados independentes pode vir de uma variedade de fontes. É muito conveniente usar um conjunto de dados que já existe, porém, um conjunto de dados completamente novo pode ter que ser criado para servir como controle para os dados que estão sendo testados. Em todos os casos, é necessário informar as características específicas dos dados independentes e incluir sua origem, no metadados.

4. Registros dos valores medidos.

O próximo passo é coleccionar as coordenadas dos pontos teste de ambos os métodos (advindos do banco de dados e do levantamento de campo).

Quando registrar estes números, é importante que os registros sejam feitos de uma forma semelhante e apropriada, com os mesmos formatos, grandezas e casas decimais.

5. Cálculo dos parâmetros estatísticos de exatidão.

Uma vez que os conjuntos de coordenadas foram obtidos extraído do mapa digital e suas correspondentes homólogas por levantamento de campo, a estatística da exatidão posicional que usa a exatidão apropriada pode ser computada.

O NSSDA usa erro médio quadrático (RMSE) para calcular a exatidão posicional. O RMSE é a raiz quadrada da média do somatório do quadrado das diferenças entre as duas coleções de coordenadas.

A exatidão é informada em unidade de distância do terreno ao nível de confiança de 95%. A exatidão reflete todas as incertezas e inclui desde as coordenadas de controle geodésicos, compilação e processamento final do produto cartográfico.

O produtor cartográfico determinará a extensão geográfica dos testes. A exatidão horizontal será testada comparando as coordenadas planimétricas de pontos bem-definidos na base de dados, com coordenadas dos mesmos pontos de uma fonte independente de exatidão mais alta.

Os erros de registros ou de processamento dos dados, como troca de sinais ou inconsistências entre o conjunto de dados e os dados das fontes independentes, deverão ser corrigidos antes de calcular o valor da exatidão.

Um mínimo de 20 pontos de teste deverá ser usado, distribuídos por toda área para refletir a área geográfica e a distribuição de erros no conjunto de dados. Quando são testados 20 pontos, a um nível de confiança de 95% permite-se que apenas um ponto esteja com diferença maior que o permitido, sem contudo reprovar todo o mapa.

6. Certificado de exatidão posicional

Após a verificação da exatidão posicional seguindo os critérios apresentados pelo NSSDA faz-se necessário gerar um documento que apresente os resultados destes testes. O Manual de Exatidão Posicional (Positional Accuracy Handbook) apresenta um modelo contendo as informações mínimas que deverão constar no registro dos testes de exatidão posicional.

7. Registro dos resultados no metadados.

O passo final é informar a exatidão posicional e uma descrição completa do processo da avaliação dos dados. Frequentemente descrito como dados sobre dados, o metadados lista o conteúdo, qualidade, condicionantes, história e outras características de um conjunto de dados. O Conselho do Governo de Minnesota em Informação Geográfica estabeleceu um método padrão de registro dos dados sobre os dados gráficos, chamado Minnesota Metadados Geográficos.

O NSSDA, em sua parte 3 apêndice 3-c apresenta ainda informações sobre as características dos pontos bem definidos, aquisição de dados por processos independentes de elevada qualidade e localização dos pontos teste.

Quando a exatidão posicional for homogeneamente distribuída, os pontos deverão ser distribuídos homogeneamente. Quando este fato não acontecer, a distribuição deverá privilegiar as áreas de maior possibilidade de erros.

A tabela 2.1 adotada pelo NSSDA apresenta os valores limites do RMSE para diversas escalas de mapeamento:

Tabela 2.1 Valores limites do RMSE para diversas escalas de mapeamento.

Exatidão planimétrica limite RMSE (metros)	Escala do Mapa
0,0125	1:50
0,025	1:100
0,050	1:200
0,125	1:500
0,25	1:1000
0,50	1:2000
1,00	1:4000
1,25	1:5000
2,50	1:10000
5,00	1:20000

Fonte: National Standard for Spatial Data Accuracy- 1988

Na análise da legislação dos Estados Unidos da América nota-se uma preocupação grande com a exatidão posicional dos mapas digitais, pois estes suportarão na sua grande maioria os Sistemas de Informações Geográficas. A legislação de 1947 – NMAS (National Map Accuracy Standards) foi substituída pela NSSDA (National Standard For Spatial data Accuracy – 1998), em que a mudança significativa foi a mudança do intervalo de confiança para aceitação dos pontos teste, de 90% para 95%.

Algumas características importantes são apresentadas na legislação, sendo:

1) A distribuição dos pontos teste devem seguir um critério de homogeneidade para os casos em que a exatidão posicional é homogênea em toda a região. Nos casos em que esta exatidão posicional não for homogeneamente distribuída a legislação não apresenta nenhuma sugestão.

2) O número mínimo de pontos testes deverá ser de 20.

Este valor foi calculado em função do intervalo de confiança (95%), já que 1 ponto fora do limite tolerável em um universo de 20 pontos corresponde a 5%, podendo ainda assim aprovar a carta. O tamanho ótimo da amostra para verificação da exatidão posicional de todo o mapeamento não foi definido.

3) A tolerância máxima foi apresentada na tabela 2.1, variando em função da escala, $0,25\text{mm} \times E_c$.

Apesar do NSSDA ser concebido para apoiar a avaliação das cartas digitais, esta legislação ainda faz amarrações e análises em função das escalas das cartas.

2.3.3 A estrutura cartográfica da Alemanha.

A Alemanha apresenta sua estrutura cartográfica em diversos níveis de informações, escalas e responsabilidades. As escalas principais de mapas urbanos são: 1/5.000, 1/2500 e 1/500. Toda a cartografia é gerada e mantida pelo Estado, nos níveis federal, estadual e municipal.

A escala básica de mapeamento que recobre toda a Alemanha é 1/5.000 da série denominada DK-5. Estas cartas apresentam toda a topografia a ser cartografada, na modalidade analógica abrangendo todo o país, e digital para alguns estados e municípios.

A elaboração das cartas DK-5 seguem um padrão nacional único, assim descrito:

1. Os detalhes dos pontos de referência de apoio geodésico e pontos de levantamento são identificados nas cartas cadastrais na escala 1/500;
2. Estas cartas cadastrais são reduzidas para a escala 1/2500;
3. As instituições cartográficas contratam vôos fotogramétricos para restituições dos detalhes topográficos;
4. A orientação absoluta dos pares estereoscópicos é feita através dos detalhes das cartas cadastrais reduzidas para 1/2500.
5. É executada a restituição dos detalhes topográficos do terreno;
6. Após a restituição, os municípios complementam a toponímia e verificam a qualidade da restituição no campo, reambulando e complementando os detalhes ausentes na restituição;
7. Após a conferência e possíveis correções, a carta está pronta.

A figura 2.3 apresenta um estrato da carta DK5 na escala original de 1/5.000 .

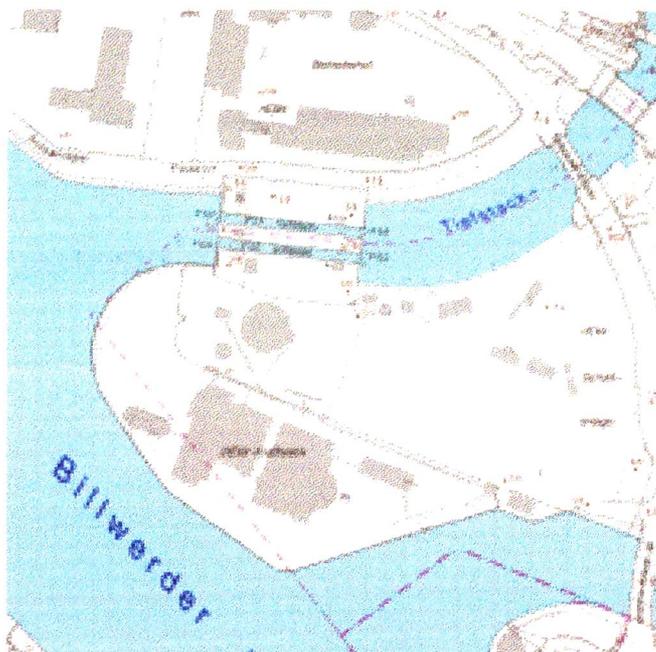


Figura 2.3 Extrato da carta DK5

As folhas 1/5000 seguem uma padronagem geral de 2km x 2 km, tendo no total 4 km². Alguns estados já possuem as cartas DK-5 em formato digital. Isto pode ser realizado por processo de conversão do analógico em digital ou, pela elaboração do produto já nos moldes digitais.

No primeiro caso, a diferença entre as coordenadas do mapa analógico e do seu correspondente mapa digitalizado poderá ser de no máximo 1 metro.

As folhas 1/2500 geradas a partir da redução das cartas cadastrais só são utilizadas como apoio para a geração das cartas 1/5000.

Os estados Alemães são responsáveis por manter a atualidade das cartas. Utiliza-se o processo de atualização cíclica, com intervalos de 5 anos. Neste caso, o estado procede a divisão de seu território em 5 grandes partes. Cada parte é atualizada em um ano específico, efetuando-se assim um rodízio de 5 anos.

As cartas cadastrais são de responsabilidade do município, em que todas as parcelas são representadas, assim como detalhes topográficos de referência (rios, lagos, etc), os pontos geodésicos notáveis, os pontos de levantamentos, os marcos de divisa de propriedade, as linhas definidora das propriedades, as construções, informações identificadoras das propriedades.

Estas cartas são elaboradas na escala 1/500. A exatidão posicional relativa de cada vértice de propriedade é de 0,01 metro para exatidão relativa e 0,08m para exatidão absoluta. (PHILIPS - 2001)

Dependendo do município a ser analisado, podem ser encontrada ainda folhas complementares às cartas cadastrais de informações topográficas, elaboradas nos moldes da carta cadastral.

Nos municípios que já possuem cartas cadastrais digitais, este complemento topográfico assume uma função de nível topográfico de informação.

O controle de qualidade dos documentos cartográficos na Alemanha é feito diferentemente de outros países, como o EUA ou Brasil. Nestes Países o controle de qualidade é feito avaliando-se o produto final (o mapa) enquanto na Alemanha a qualidade é verificada no controle do processo de mapeamento.

Cada mapeamento a ser elaborado deverá seguir rigorosamente normas e especificações previamente definidas. Cada etapa do processo de mapeamento é fiscalizada e comparada com estas especificações. Desta maneira, a qualidade do produto final fica garantida, observando-se a qualidade das etapas que compõem o processo de mapeamento.

Esta prática de controle de qualidade do mapa, através do controle do processo também é praticada por outros países europeus, notadamente os países de língua alemã (Áustria, Holanda, etc..) PHILIPS – 2001.

No Brasil, apesar de existir toda uma cultura de especificação técnica que norteie o mapeamento, esta prática de fiscalização comparando o executado com o especificado é muito pouco utilizada.

Como a grande maioria das prefeituras brasileiras não possui profissionais especializados em mapeamento, a fiscalização das etapas torna-se muito difícil. Já na análise da qualidade pelo produto a tarefa torna-se mais fácil, necessitando-se somente conhecer as características do produto que se quer receber.

2.4 – TAMANHO DA AMOSTRA

No estudo da definição de padrões de exatidão cartográfica, se faz necessário definir o tamanho da amostra a ser utilizado nos testes de qualidade das cartas digitais, o

tipo de amostra a ser identificada e os testes estatísticos que deverão atestar a qualidade das cartas. Nesta assunto abordar-se-á termos referentes a medidas de tendência central, medidas de dispersão, e os testes estatísticos de verificação de hipóteses.

2.4.1 Tipo de amostragem

Dependendo do tipo de informação a ser analisada, faz-se necessário definir um processo de amostragem e o tipo que melhor modele a população.

BARBETTA- 2001 apresenta algumas razões para o uso de amostragem e outros casos em que o uso de amostragem não se torna interessante. Cita-se quatro razões para o uso de amostragem em levantamentos de grandes populações. São elas:

1. Economia. Em geral, torna-se bem mais econômico o levantamento de somente uma parte da população;
 2. Tempo. Numa pesquisa eleitoral, a três dias de uma eleição presidencial, não haveria tempo suficiente para pesquisar toda a população de eleitores do país, mesmo que houvesse recursos financeiros em abundância;
 3. Confiabilidade dos dados. Quando se pesquisa um número reduzido de elementos, pode-se dar mais atenção aos casos individuais, evitando erros nas respostas;
 4. Operacionalidade. É mais fácil realizar operações de pequena escala.
- Um dos problemas típicos nos grandes censos é o controle dos entrevistadores.

Cita-se também, alguns casos em que o uso de amostragem não é interessante:

1. População pequena. Sob o enfoque de amostragens aleatórias, se a população for pequena (digamos 50 elementos) para termos uma amostra capaz de gerar resultados precisos para os parâmetros da população, necessitamos de uma amostra relativamente grande (em torno de 80% da população). Geralmente é mais relevante o tamanho absoluto da amostra do que a percentagem que ela representa na população.
2. Características de fácil mensuração. Talvez a população não seja tão pequena, mas a variável que se quer observar é de fácil mensuração, que não compensa investir num plano de amostragem.
3. Necessidade de alta precisão. A cada dez anos o IBGE realiza um censo demográfico para estudar diversas características da população brasileira. Dentre estas características tem-se o parâmetro número de habitantes residentes no país, que é fundamental para o planejamento do país. Desta forma, o parâmetro número de

habitantes precisa ser avaliado com grande precisão e, por isto, se pesquisa toda a população.

Na avaliação geométrica do mapa digital, a população em evidência consiste de informações geográficas cartografadas, ou seja, registradas no mapa. O número de informações cartografadas varia em função do tamanho da região urbana a ser mapeada e da taxa de ocupação urbana. Mesmo as menores regiões urbanas poderão apresentar centenas, milhares, dezenas de milhares de feições registradas. São lotes, construções, quadras, ruas, postes, árvores, etc.

Na inviabilidade de se avaliar todo o mapa para verificação de sua qualidade geométrica parte-se para o recurso de definir uma amostra que melhor representa a população, dentro de um intervalo de confiança previamente definido e com um erro amostral dentro do tolerável.

No estudo da definição do melhor tipo de amostra depara-se com dois grupos: as amostras aleatórias e as não aleatórias.

As amostras aleatórias podem ser subdivididas em amostras aleatórias simples, amostras aleatórias sistemáticas e amostras aleatórias estratificadas.

As amostras aleatórias simples caracterizam-se por ter como propriedade que, qualquer subconjunto da população, com o mesmo número de elementos, tem a mesma probabilidade de fazer parte da amostra. Em particular, tem-se que cada elemento da população tem a mesma probabilidade de pertencer à amostra. As amostras sistemáticas utilizam um sorteio inicial para definição do primeiro elemento da amostra e, após, escolhem os demais elementos através de uma adição homogênea. Este tipo de amostra possui a característica de ser mais rápida que a amostra aleatória simples.

As amostras aleatórias estratificadas consistem em dividir a população em subgrupos de estratos com uma maior homogeneidade interna do que a população. Sobre os diversos estratos da população, são realizadas seleções aleatórias de forma independente.

A amostra completa é obtida através da agregação das amostras de cada extrato. Como uma variância da amostra estratificada tem-se a amostra estratificada proporcional, em que a proporcionalidade do tamanho de cada estrato da população é mantida na amostra.

As amostragens não aleatórias são utilizadas quando as amostras aleatórias são muito difíceis ou, até mesmo impossível. Em geral, as técnicas de amostragens não

aleatórias procuram gerar amostras que, de alguma forma, representem razoavelmente bem a população de onde foram extraídas. Estudos mais aprofundados poderão ser encontrados em NETO – 1977, PEREIRA – 1978., MIRSHANKA – 1981, ORNSTEIN –1992 e BARBETTA – 2001.

2.5. - COLETA DE DADOS EM CAMPO

A análise de cartas para verificação de sua qualidade geométrica é feita comparando-se as coordenadas obtidas no próprio mapa com as coordenadas determinadas em campo, do mesmo ponto, obtidas por método de elevada precisão (NSNMAS - United States National Map Accuracy Standards- 1947).

A qualidade das coordenadas dos pontos a serem gerados para a verificação das cartas deverá ser três vezes melhor que a Exatidão cartográfica. Analisando-se as características de cada método de medição de coordenadas terrestres, as particularidades desta pesquisa e a exigência da precisão do método, optou-se por utilizar o Sistema NAVSTAR/GPS.

2.5.1 Sistema de Posicionamento Global - GPS

O NAVSTAR-GPS, (NAVigation Satellite with Time And Ranging), ou simplesmente GPS, é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América - DoD, para ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Em razão da elevada exatidão e praticidade, uma grande comunidade de usuários vem se utilizando do GPS para as mais diversas finalidades (geodésia, cartografia, navegação, roteamento, agricultura de precisão dentre outras).

A concepção do sistema GPS permite que um usuário, em qualquer local da superfície terrestre, ou próximo a ela, tenha à sua disposição, no mínimo, quatro satélites para serem rastreados. Esse número de satélites permite que se realize um posicionamento em tempo real. Para os usuários da área de Geodésia, uma característica muito importante da tecnologia GPS, em relação aos métodos de levantamento convencionais, é a não necessidade de intervisibilidade entre as estações. Além disso, o GPS pode ser utilizado sob quaisquer condições climáticas (MONICO – 2000).

O princípio básico de navegação pelo GPS consiste na medida de distância entre o usuário e quatro satélites. Conhecendo as coordenadas dos satélites num sistema de referência apropriado, é possível calcular as coordenadas da antena do usuário no mesmo sistema de referência dos satélites. Do ponto de vista geométrico, apenas três distâncias, desde que não pertencentes ao mesmo plano, seriam suficientes. Nesse caso, o problema se reduziria à solução de um sistema de três equações, a três incógnitas. A quarta medida é necessária em razão do não sincronismo entre os relógios dos satélites e o do usuário, adicionando uma incógnita ao problema. Maiores detalhes poderão ser encontrados em MONICO – 2000.

A tabela 2.2 apresenta um quadro das fontes e efeitos dos erros envolvidos no GPS.

Tabela 2.2. Fontes e efeitos dos erros no sistema GPS.

Fontes	Erros
Satélites	Erro da órbita Erro do relógio Relatividade Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite
Propagação do sinal	Refração troposférica Refração ionosférica Perdas de ciclos Multicaminhamento ou sinais refletidos
Receptor/Antena	Erro do relógio Erro entre os canais Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas Multicaminhamento Marés terrestres Movimento do Pólo Carga dos oceanos Pressão da atmosfera

Fonte: MONICO - 2000

Diversas destas componentes de erros podem ser modeladas, minimizadas ou eliminadas, dependendo do método de processamento, equipamento e procedimento de rastreamento. Leitura mais aprofundada poderá ser feita em MONICO – 2000.

2.5.1.1 Técnicas de posicionamento GPS

Diversas são as técnicas de posicionamento GPS, variando em função do receptor, modelo matemático a ser usado, exatidão posicional necessária, dentre outros. Neste trabalho abordar-se-á as técnicas de posicionamento relativo que foram usadas no levantamento dos pontos teste da área estudada. Trata-se do posicionamento relativo, em especial o estático e o estático rápido, os quais envolvem 2 ou mais receptores.

2.5.1.1.1 Posicionamento relativo estático

Neste método, a observável normalmente adotada no posicionamento é a dupla diferença de fase. Para este tipo de posicionamento dois ou mais receptores rastreiam, simultaneamente, os satélites visíveis durante um período de dezenas de minutos (20 minutos), até algumas horas.

O posicionamento relativo estático permite obter precisão da ordem de 1,0 a 0,1 ppm, ou mesmo melhor. Nos levantamentos em que as linhas de bases envolvidas forem longas (maiores que 10 a 15 km), e a precisão requerida melhor que 1 ppm, é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência.

2.5.1.1.2 Posicionamento relativo estático rápido

Segue os mesmos princípios do posicionamento estático, com a diferença de que o período de ocupação da estação de interesse não excede a 20 minutos. Pode-se utilizar receptores de simples (L1) ou dupla (L1 e L2). Nesta técnica, um receptor serve como base, permanecendo fixo sobre uma estação de referência, enquanto o outro receptor rastreia as estações a serem levantadas. O tempo de rastreamento varia de 5 a 20 minutos, e é adequado para bases de até 10 Km. Nesta técnica de posicionamento a precisão esperada pode variar de 1 a 10 ppm.

2.6 – GERENCIAMENTO URBANO

A cidade se constitui, nesse início de milênio, como a forma que os seres humanos escolheram para viver em sociedade e de prover as suas necessidades.

A discussão ambiental global passa necessariamente pela sustentabilidade urbana. Os dados estatísticos demonstram que no presente momento estamos vivendo o salto da urbanização global, que ultrapassa o percentual de 50% e que deverá atingir os 60% já no ano 2025. No Brasil, a percentual já é maior do que 75% e deve atingir os 85% nos próximos 20 anos (ORTH – 2001).

Se os centros urbanos estão crescendo, também crescem com eles os grandes problemas sociais e os desequilíbrios ambientais, apontando para um futuro com queda acentuada na qualidade de vida, de degradação ambiental acelerada e de riscos de governabilidade. Há que se planejar as ações urbanas e gerenciar as soluções com os recursos disponíveis e com as carências inerentes deste quadro crescente.

O gerenciamento urbano constitui num processo cujo objetivo principal é a prestação dos Serviços públicos (ORTH –2001).

Pode-se citar os serviços públicos como sendo:

1. Saneamento Básico: contemplando o tratamento e distribuição de água, redes de coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana, coleta de lixo e limpeza urbana;
2. Rede de energia elétrica e iluminação Pública;
3. Circulação e transporte coletivo e particular;
4. Saúde, contendo hospitais, postos de atendimento e vacinação;
5. Educação e cultura, contemplando as escolas, creches, teatros cinemas e outras praças de atividades culturais e educacionais;
6. Habitação;
7. Centros de comercialização de produtos e feiras industriais, comerciais e populares;
8. Controle do uso do solo.

O gerenciamento urbano, além dos já citados anteriormente, deve se preocupar com os meios necessários para atender estes serviços, preocupando-se com os tributos municipais (IPTU, ISSQN, ITBI, etc.)

Neste trabalho, as necessidades dos usuários para gestão urbana, serão identificadas com os itens 3 (circulação e transporte), 4 (Saúde), 5 (Educação e cultura), 7 (centros comerciais) e 8 (controle do uso do solo).

Pela particularidade de necessidades cartográficas das atividades do Cadastro Imobiliário Municipal, as redes de água e esgoto e energia elétrica, deverão ser enfocadas em outros trabalhos específicos.

3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O fluxograma abaixo apresenta, de forma ilustrativa, as etapas e procedimentos metodológicos implementados para atingir os objetivos propostos neste projeto.

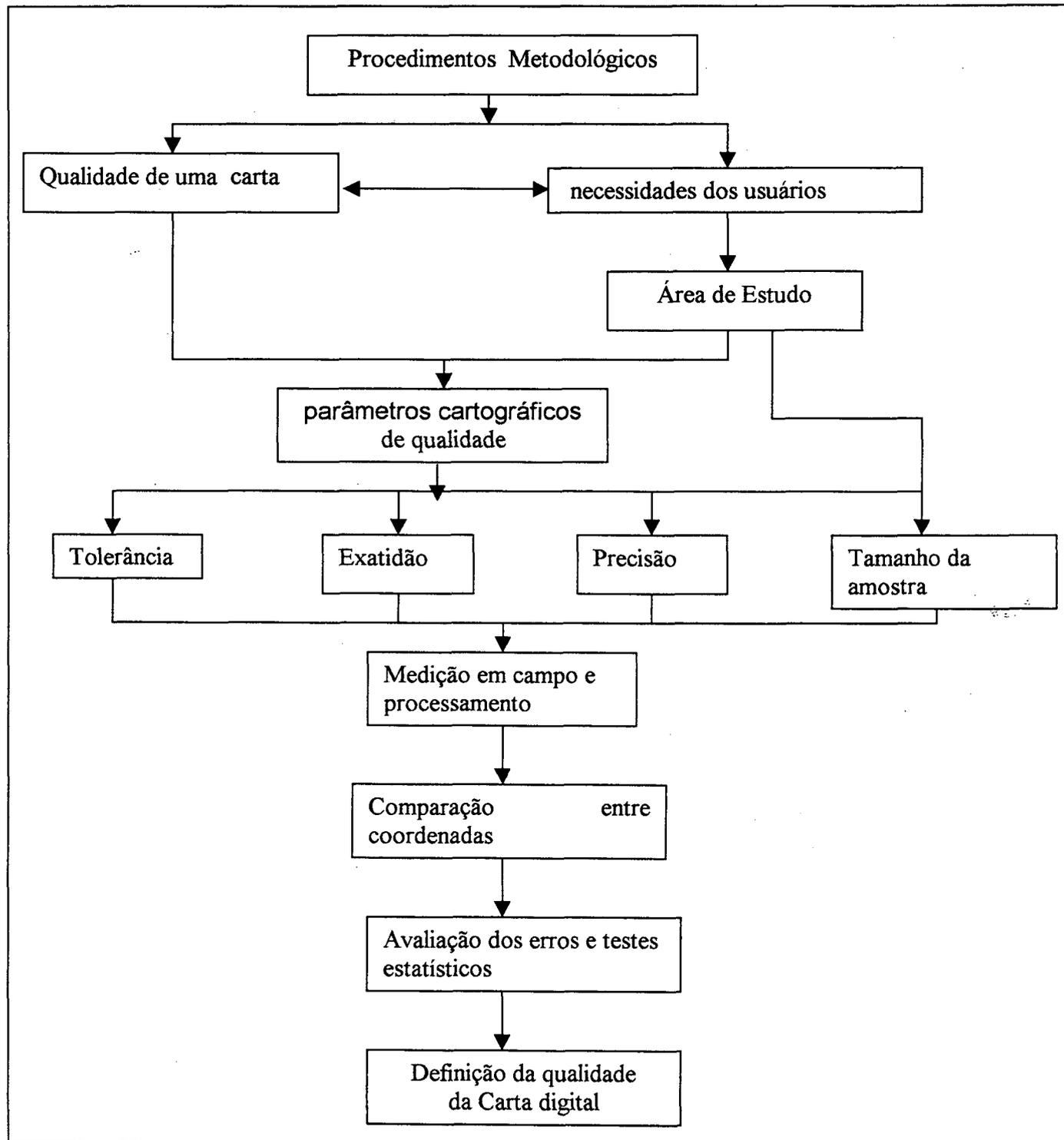


Figura 3.1 – Fluxograma ilustrando os procedimentos metodológicos.

A seguir, apresentam-se os procedimentos metodológicos.

3.1 DEFINIÇÃO DA QUALIDADE DE UMA CARTA.

Na definição da qualidade de uma carta utilizou-se a pesquisa bibliográfica, referente à qualidade do produto no âmbito da Engenharia de Produção, e a qualidade da carta no âmbito da Engenharia Cartográfica. Este estudo procurou correlacionar os conhecimentos desenvolvidos no controle de qualidade de um produto com os produtos cartográficos.

A legislação cartográfica (decreto 89917 de 20 de junho de 1984) que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas técnicas da Cartografia Nacional, foi analisada, frente às técnicas cartográficas atualmente utilizadas (ANEXO II)

3.2- DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS.

Nesta fase procurou-se identificar as necessidades cartográficas dos usuários, ou seja; quais informações geográficas necessitariam ser cartografadas e com que qualidades posicionais deveriam ser registradas no mapa.

Para tanto adotou-se inicialmente, além da pesquisa bibliográfica, entrevista não estruturada com especialistas em gestão urbana e entrevistas estruturadas com aplicação de questionários para os técnicos das prefeituras envolvidas neste projeto.

As entrevistas não estruturadas foram aplicadas a professores doutores em urbanismo e gestão urbana, tomando-se como base um roteiro flexível com algumas indagações iniciais e exemplificações.

O Quadro 3.1 apresenta algumas das perguntas formuladas.

- 1) Nome, profissão, ocupação, conhecimento específico e atividade desenvolvida.
- 2) Para um perfeito gerenciamento de uma cidade Brasileira, que documentos cartográficos esta cidade deve possuir? (Mapa geral contendo todo o Município, Mapa geral da região urbana, mapa topográfico e cadastral, fotografias aéreas coloridas, imagens de satélites, ...)
- 3) Que informações geográficas necessitam ser mapeadas para um perfeito gerenciamento urbano? (ruas, casas, árvores, lotes, quadras, passeios, hidrografia, redes aéreas, redes subterrâneas, altimetria, ...)
- 4) Quais as escalas ideais para estes documentos cartográficos?
(1/250.000 para o mapa geral do município, 1/50.000 para a região urbana. 1/5.000 para as informações topográficas, 1/2000 para o cadastro de imóveis, etc...)
- 5) Qual é o erro posicional máximo aceitável na representação de uma feição topográfica no mapa, que não comprometa a qualidade final dos projetos necessários para o gerenciamento urbano? (10m, 5m, 2m, 1m, 0,5m 0,10m,)

Quadro 3.1. Perguntas sobre as necessidades cartográficas para a gestão urbana.

Em seguida foram aplicadas entrevistas divididas em duas fases: A primeira fase estruturada, com a utilização de um questionário básico e a segunda fase livre, aberta para questionamentos e indagações gerais e específicas.

Estas entrevistas foram aplicadas aos profissionais que trabalham no gerenciamento das cidades de Porto Alegre, Gravataí e Florianópolis, com o intuito de definir as necessidades cartográficas dos usuários de gestão urbana, referente aos conteúdos a serem cartografados e sua exatidão posicional.

O quadro 3.2 apresenta um extrato do questionário utilizado.

Este questionário possui como objetivo principal auxiliar na definição das necessidades cartográficas dos usuários no gerenciamento urbano, e será utilizado no projeto de pesquisa "Definição de Padrões de Exatidão cartográfica a serem utilizadas nas cartas digitais para gerenciamento urbano", desenvolvido no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - UFSC, Pelo Eng. Cartógrafo Ronaldo dos Santos da Rocha.

- 1) Nome/Profissão.
- 2) Prefeitura que trabalha e cargo que ocupa:
- 3) Atividades desenvolvidas:
- 4) Para desenvolver suas atividades utiliza mapas ou outros documentos cartográficos? Quais?
- 5) Quais as escalas e ano de elaboração dos mapas utilizados?
- 6) Quais as escalas que melhor representam as informações utilizadas?
- 7) Que informações estão ou, deveriam estar registradas nos mapas utilizados?
- 8) Os mapas utilizados possuem alguma informação sobre sua qualidade geométrica (Classe A, B ou C, PEC, ou outra).
- 9) Na sua opinião qual o erro máximo aceitável na representação de uma feição no mapa, de modo que não comprometa a execução dos trabalhos necessários para o gerenciamento urbano?
- 10) Sobre as necessidades cartográficas aplicadas aos estudos urbanos, gostaria de acrescentar algum comentário adicional?

Quadro 3.2 Questionário aplicado aos técnicos de gestão urbana das prefeituras municipais.

Ainda com referência aos mapas urbanos utilizados pela administração municipal buscou-se a confirmação do registro nas cartas, de suas classes quanto a exatidão cartográfica. (Decreto 89917 de 20/06/1984). Desta forma enviou-se um questionário (quadro 3.3) específico para diversos profissionais que trabalham com mapas urbanos para apontar quais os mapas estão em consonância com a legislação brasileira no tocante a exatidão posicional.

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas

Florianópolis, 22 de janeiro de 2002.

Caro colaborador,

Estamos desenvolvendo uma pesquisa sobre a qualidade geométrica das cartas urbanas nas escalas maiores que 1/10.000. Para tanto necessitamos de informações destas cartas nas diversas realidades dos municípios brasileiros.

O PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) é definido como o estimador da qualidade geométrica para os documentos cartográficos e define a classe das cartas (Classe A, Classe B, Classe C ou o próprio valor do PEC). Apesar de ser preconizado na legislação brasileira, sabe-se que pouquíssimas cartas apresentam o valor da classe ou do PEC no seu rodapé.

Sendo assim, gostaríamos de obter as seguintes informações:

- 1) Nome do Colaborador:
- 2) Atividade exercida:
- 3) Nome do Município/Estado:
- 4) Carta Utilizada(Análogica ou Digital):
- 5) Escala de impressão:
- 6) Ano da elaboração do mapa:
- 7) Na carta utilizada está registrada a classe ou PEC?
(basta verificar na parte inferior da carta (rodapé)
- 8) Outras informações:

Quadro 3.3 Questionário utilizado para identificação da classe das cartas urbanas.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

Para este projeto foram selecionadas três cidades representativas do universo dos municípios brasileiros; Florianópolis, Porto Alegre e Gravataí. Os três municípios foram utilizados na identificação das necessidades do usuário, sendo que o Município de Gravataí foi selecionado para servir também de área teste na aplicação dos padrões de exatidão cartográfica digital.

Gravataí foi fundada em 1763, contando atualmente com uma população de 232.447 habitantes (IBGE/2000), sendo 211969 urbana e 20478 na área rural. Possui uma área total de 497,82 quilômetros quadrados, sendo 121,37 de área urbana e 376,45 de área rural. Possui sua localização na região metropolitana de Porto Alegre, RS,

distante 20 km desta. Seu relevo é coxilhado, clima subtropical, temperatura variando de 3° C a 18°C nos meses mais frio e de 22°C a 36°C nos meses mais quente.

De acordo com a prefeitura municipal de Gravataí, estima-se que 53 mil pessoas residam em vilas irregulares, com um déficit habitacional de 13 mil moradias. O Setor econômico predominante no município é a indústria, com um distrito industrial em pleno funcionamento, abrigando 1386 indústrias.

A figura 3.2 apresenta a localização do Município no contexto estadual.

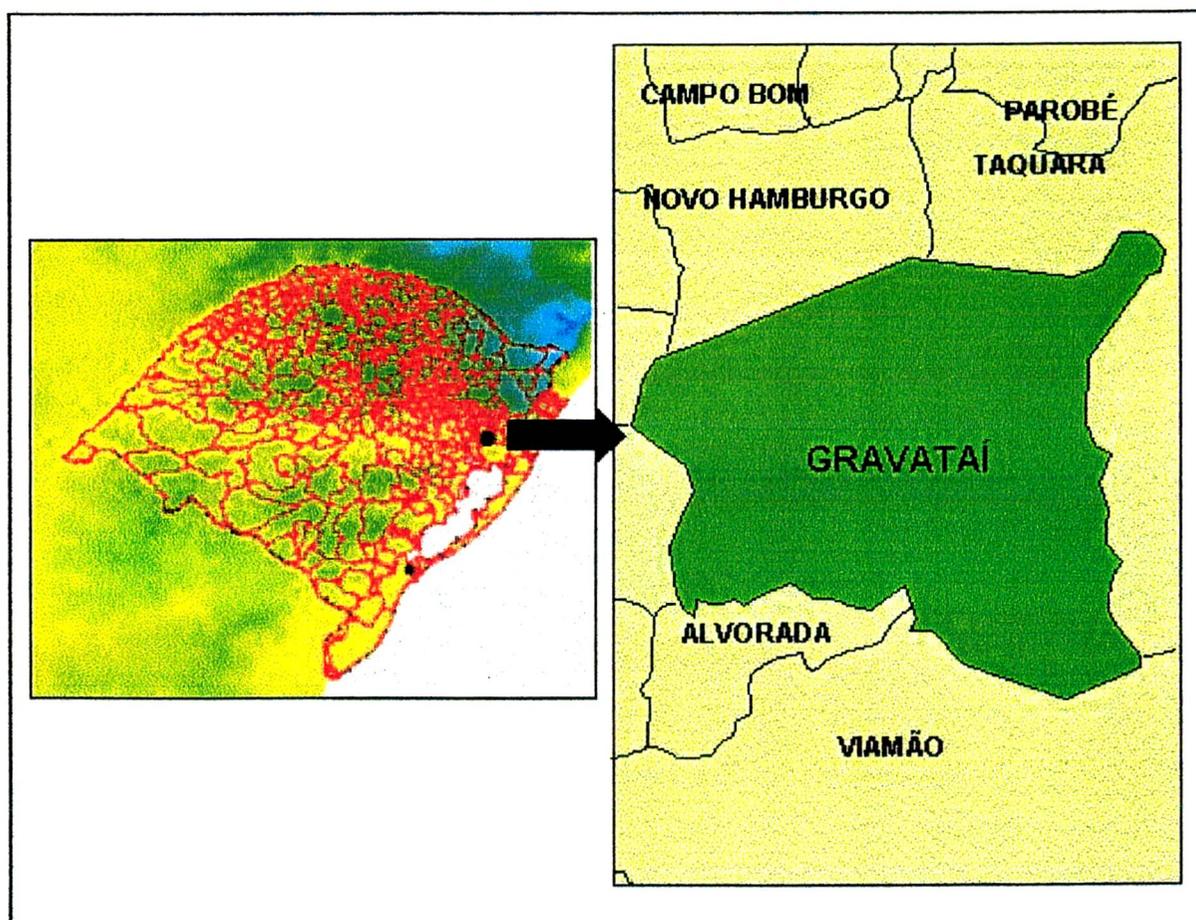


Figura 3.2 Localização do município de Gravataí

A base cartográfica de Gravataí que é utilizada para suporte às ações de gerenciamento urbano é um mapa topográfico digital, híbrido, elaborado em dois projetos de mapeamento distintos. A região central foi mapeada utilizando processo aerofotogramétrico, com fotografias aéreas obtidas no ano de 1995, escala das fotos de 1/8.000 e escala de plotagem 1/2000. O restante da região urbana foi mapeado por

processo aerofotogramétrico, com fotografias aéreas obtidas no ano de 1993, escala das fotos de 1/8000 e escala de plotagem de 1/2.000

Os dois mapeamentos foram gerados diretamente em arquivos digitais e compõem um base única, sendo utilizados para as atividades urbanas. Toda a região urbana é coberta por 78 folhas topográficas planialtimétricas com escala de plotagem de 1/2000 e altimetria representada por curvas de nível com equidistância de 1 metro.

A figura 3.3 apresenta a região urbana de Gravataí com o mapa subdividido em dois blocos.

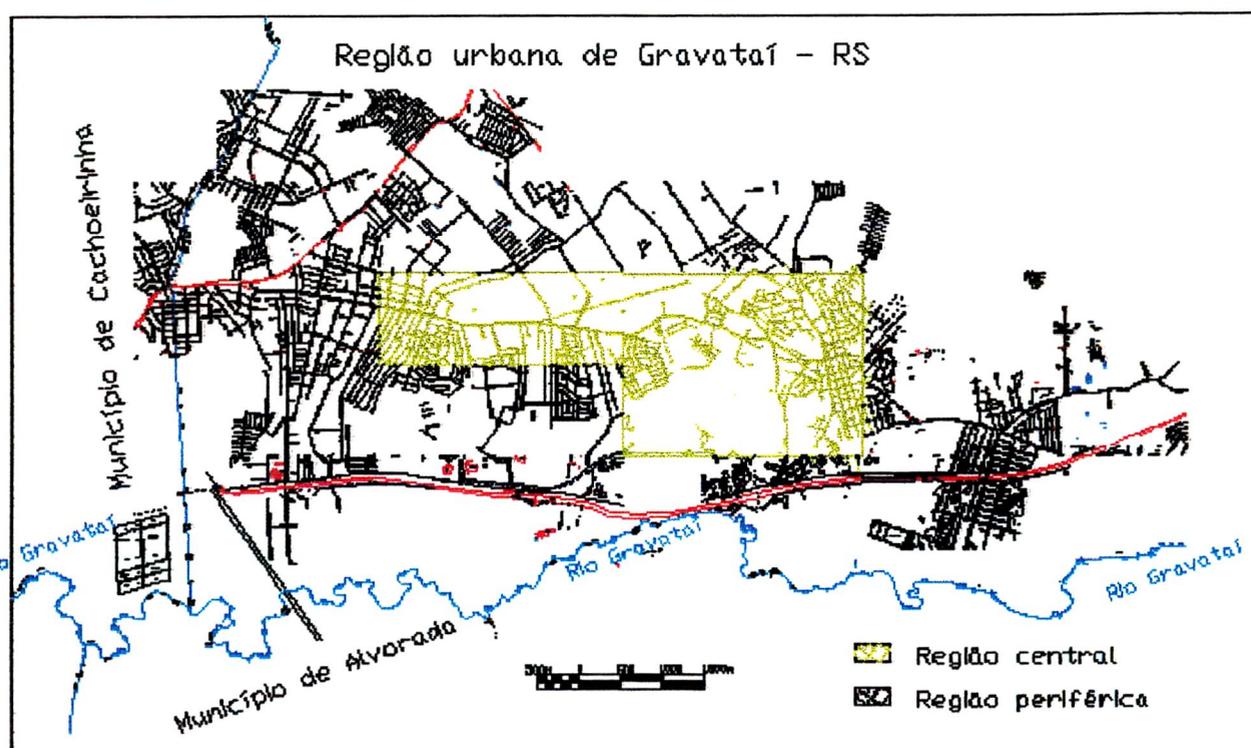


Figura 3.3. Regiões dos mapeamentos de 1995 e 1993.

A cidade de Gravataí apresenta várias características para ser escolhida como área teste. Além das já citadas, pode-se destacar:

- Existência de base cartográfica digital;
- Equipe técnica qualificada;
- Laboratório de Geoprocessamento na prefeitura, capaz de dar suporte às demandas de cópias, arquivos e plotagens;
- Proximidade ao vértice da RBMC-Poal; (Estação da RBMC situado em Porto Alegre);

- e. Administração pública com elevado índice de aprovação por parte da população;
- f. Considerado o município com menor índice de violência da região urbana (para municípios com população acima de 100.000 habitantes).

3.4 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS CARTOGRÁFICOS DE QUALIDADE GEOMÉTRICA.

Os parâmetros cartográficos de qualidade geométrica avaliados foram a tolerância, a exatidão, a precisão e o tamanho da amostra.

3.4.1 Tolerância, Exatidão, precisão e tamanho da amostra

Na definição da tolerância, da exatidão e precisão, buscou-se identificar, através de uma revisão bibliográfica detalhada, referenciais estatísticas que pudessem ser utilizadas como estimadores da qualidade geométrica das cartas digitais urbanas.

Através de estudos da teoria da estimação definiu-se o tamanho da amostra a ser verificada na avaliação da qualidade, assim como os intervalos de confiança e os erros amostrais.

As necessidades dos usuários definiram o erro máximo, chegando-se a tolerância máxima a ser aceita como suficiente para a avaliação da qualidade de uma carta digital. Com base nestas tolerâncias chegou-se ao valor da exatidão das cartas e, aos valores mínimos de precisão a serem verificados nos métodos de levantamentos a serem utilizados.

Na definição do tamanho da amostra necessitou-se de parâmetros estatísticos definidores à priori, como tamanho da população e o desvio-padrão da amostra. Diversos testes foram realizados, variando o tamanho da população em função das áreas urbanas das cidades e de sua densidade demográfica.

Define-se população na avaliação de uma carta digital como sendo a quantidade de informações cartografadas nestas cartas, ou seja, o número de entidades representativas de muros, lotes, calçadas, construções, postes, árvores, quadras, etc.

Na definição do desvio-padrão da amostra pode-se adotar dois caminhos: Medir uma amostra reduzida a ser utilizada como teste para se estimar o desvio-padrão ou, utilizar uma outra amostra similar utilizada em outros trabalhos, e estimar o desvio-padrão. Nesta pesquisa utilizou-se o segundo caso, ou seja, aplicou-se os resultados de

trabalhos anteriores, com uma amostra de 15 eventos, nas mesmas condições e grandezas deste trabalho.

3.4.2 Teste de Carta

O teste para análise da carta foi feito escolhendo-se pontos bem definidos no mapa e no terreno e comparando-se as coordenadas obtidas diretamente do mapa digital com suas correspondentes obtidas por processo de levantamento de melhor qualidade.

A seleção da amostra foi feita mediante um processo aleatório, a fim de que fosse evitada uma possível tendenciosidade. A distribuição homogênea dos pontos por toda a região urbana só poderia ser aplicada se os erros cartográficos apresentassem uma distribuição também homogênea. Sabe-se que isto não ocorre. Os locais de maior concentração de feições mapeadas apresentam uma maior propensão à ocorrência de erros na representação, contrapondo-se aos locais com menor densidade de feições cartográficas.

Para contemplar um maior número de pontos nas regiões mais densas, adotou-se os seguintes procedimentos:

1 - Com base no mapa topográfico digital da cidade gerou-se um mapa simplificado, com os níveis quadras, calçadas, ruas, lotes e grandes construções;

2 - Através do programa DXF2XYZ, distribuído livremente na internet por ©Guthrie CAD/GIS Softwareo 1999-2000, que converte arquivos gerados pelo software Autocad em DXF para arquivos XYZ, transformou-se o mapa simplificado em uma matriz seqüencial de quatro colunas e 210000 linhas. As colunas representaram um número seqüencial, as coordenadas Norte, Este e a altitude respectivamente, e as linha representavam cada informação cartografada;

3 - Com base na matriz gerada aplicou-se um sorteio manual, com pedras numeradas de 0 (zero) a 99 (noventa e nove);

4 - Os números sorteados, correspondentes às coordenadas definidas, foram lançados no mapa simplificado, definindo assim os pontos a serem testados. Na impossibilidade de se medir em campo o ponto sorteado, este era substituído pelo ponto mais próximo possível de ser medido.

3.5 MEDIÇÃO EM CAMPO DOS PONTOS SELECIONADOS ALEATORIAMENTE.

A qualidade para ser aplicada na verificação da qualidade deverá ser 3 vezes melhor que a tolerância eleita para o teste de campo. Desta forma, se a exatidão cartográfica for de 0,60 metros, o método de levantamento de campo deverá apresentar precisão melhor que 0,20 metros.

3.5.1 Método de levantamento de campo

Para atender a precisão necessária para testar a qualidade posicional do mapa digital, o método utilizado foi o posicionamento relativo estático e estático rápido usando o NAVSTAR – GPS.

Para as medições utilizaram-se dois receptores GTR1 da TechGeo, com leitura do código C/A e da portadora L1. A estação Porto Alegre, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), distante 19 km da região em estudo, e ainda uma estação contínua da empresa SPG – Soluções em Posicionamento Global, foram utilizadas como estação base.

Os receptores GTR1 possuem as seguintes características:

- 12 canais paralelos para sintonia de até 12 satélites simultaneamente;
- Recepção e registro do código C/A e portadora L1;
- Precisão de 0,5 cm + 2 ppm no modo estático para distâncias de até 50 Km;

A estação POAL Porto Alegre está localizada no prédio do Departamento de Geodésia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no município de Porto Alegre - RS. Esta estação é equipada com um receptor TRIMBLE 4000SSI.

A estação GPS da Empresa SPG localiza-se no Bairro do Menino Deus, na cidade de Porto Alegre é equipada com receptor GPS: Trimble Pathfinder Community Base Station (baseado no receptor Pró-XR) com 12 canais. Registro da portadora L1 e código C/A;

Posicionamento referencial:

A posição de referência foi determinada utilizando-se um procedimento de transporte de coordenadas com GPS geodésico (modo estático) da estação de referência mais próxima da RBMC (Estação POAL 91850).

Posição de referência:

- Posição processada relativa à estação 91850 da RBMC - IBGE. (04/00);
- Latitude: $\varphi = 30^{\circ} 03' 07.893609$ "S (sigma 0.10m)";
- Longitude: $\delta = 51^{\circ} 13' 16.883240$ "O (sigma 0.06m) ;
- Datum horizontal SAD-69 Brasil;
- Altura elipsoidal : 47. 731 m.

Ressalta-se que esta estação GPS da Empresa SPG foi utilizada somente quando os arquivos da estação RBMC-POAL apresentavam algum tipo de problema.

3.5.2 Procedimentos de rastreamento de campo.

Na medição dos pontos escolhidos adotou-se os seguintes procedimentos:

1) Posicionamento relativo estático (A):

Os receptores GTR1 foram instalados sobre os pontos escolhidos na amostra, na cidade de Gravataí, e ficavam rastreando simultaneamente com a Estação RBMC – POAL por um período de tempo de 40 ou 30 minutos. As distâncias destes pontos à estação RBMC eram inferiores a 20 km.

2) Posicionamento relativo estático (B):

Partindo-se da estação RBMC – POAL transportou-se para a região em estudo um ponto para servir de estação referência. Neste trabalho utilizaram-se seis séries de 120 minutos, rastreados em dias diferentes. Depois de obtidas as coordenadas desta estação (denominada estação Padre Nicolau), foi instalado sobre o ponto um dos receptores GTR1, servindo assim como referência. O outro receptor GTR1 ficava instalado sobre os pontos de interesse na cidade, rastreando por um período de 20 minutos. A linha base máxima foi inferior a 10 km;

3) Posicionamento relativo estático rápido (C)

Esse terceiro método de levantamento GPS consistiu em definir uma região pequena da cidade, posicionar os dois receptores GTR1 em pontos próximos, um destes receptores ficava rastreando continuamente por 120 minutos (ponto base) enquanto o outro, itinerante, ficava rastreando por um período de 15 minutos diversos pontos, seqüencialmente. As coordenadas do ponto base era obtida utilizando-se os arquivos

da estação RBMC, enquanto os pontos itinerantes (15 minutos) eram processados em relação ao ponto longo. Neste método a linha base máxima era inferior a 500 metros.

A Figura 3.4 apresenta um esquema geral dos três métodos utilizados no rastreamento dos pontos teste.

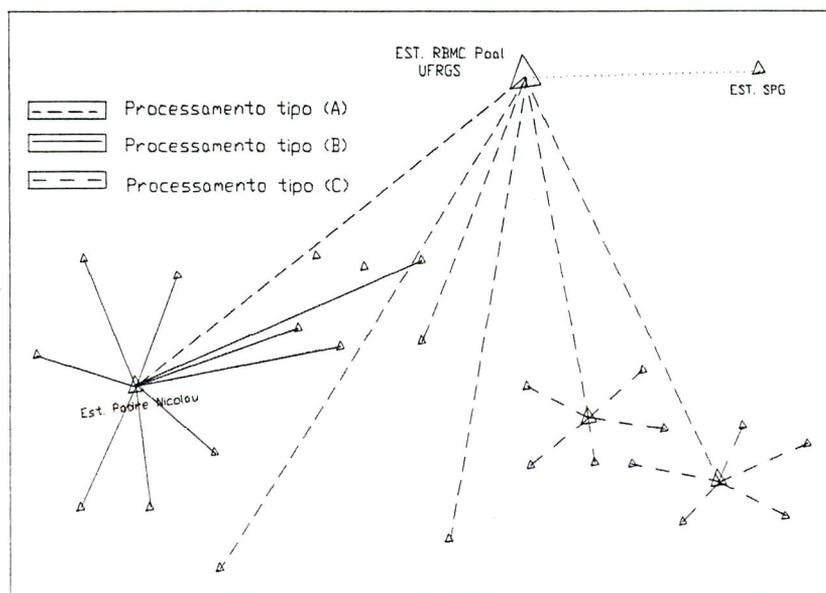


Figura 3.4 Esquema geral dos módulos de processamento, sem escala.

3.5.3 Escolha dos pontos a serem rastreados.

A localização dos pontos a serem medidos e utilizados como teste foram definidos inicialmente na seleção aleatória (sorteio). Quando estes pontos sorteados eram de fácil identificação no terreno e no mapa digital e, apresentassem uma boa localização para utilização das tecnologias GPS de rastreamento, ele era rastreado. Quando estas características não se confirmavam, o ponto mais próximo, que apresentasse estas características substituíria o ponto sorteado.

Para uma melhor definição foram escolhidos pontos materializados por alinhamentos de meio-fio, interseção do alinhamento do meio-fio com alinhamento de muro e canto de lote definido pela interseção de muros.

Para cada ponto medido foi elaborada uma ficha contendo as descrições do equipamento utilizado, início e final do rastreo, condições atmosféricas e um croquis de localização do ponto em evidência.

3.6 PROCESSAMENTO DOS DADOS RASTREADOS

A atividade de processamento dos dados rastreados foi desenvolvida obedecendo a seguinte rotina:

- 1- Rastreo dos pontos e registro automático no receptor GTR1
- 2- Transferência dos dados do receptor para o disco rígido do computador utilizado, através do software Ezsurvey da VIASAT, que acompanha o receptor;
- 3- Aquisição dos arquivos rastreados na Estação da RBMC, fornecido diretamente pelo Departamento de Geodésia da UFRGS (instituição participante), ou diretamente da página do IBGE na internet;
- 4- Aquisição dos arquivos rastreados na estação GPS da Empresa SPG referente aos dias que os arquivos da RBMC apresentaram problemas;
- 5- Conversão de todos os arquivos utilizados para o formato RINEX, por serem gerados em diferentes receptores;
- 6- Processamento dos pontos rastreados com referência à Estação RBMC, através do programa EZ-Survey da VIASAT e do programa GPSurvey da TRIMBLE;
- 7- Processamento dos demais pontos rastreados utilizando como referência às estações rastreadas, de acordo com o item anterior;
- 8- Avaliação dos resultados através dos resíduos e precisões, no processamento das coordenadas.

Todo o processamento foi executado gerando-se coordenadas geográficas no sistema geodésico WGS-84. Após, as coordenadas foram transformadas para o Sistema

Geodésico Brasileiro (SAD-69) e para a projeção plana Universal Transversa de Mercator – UTM.

O programa EZsurvey , software de pós-processamento, apresenta as seguintes características mais significativas:

- Processamento do código e portadora L1;
- Processamento nos métodos estático, estático rápido, cinemático Stop&Go e cinemático contínuo;
- Programação dos parâmetros de rastreamento do receptor GTR-1;
- Plotagem gráfica dos resultados com edição dos pontos e linhas rastreados;
- Plotagem de imagens raster e vetorial em conjunto com os dados GPS processados;
- Plotagem dos pontos e linhas diferenciados por camadas;
- Exportação dos dados em ASCII, DXF, DGN, SHP e outros;
- Leitura de dados no formato RINEX e exportação nos formatos RINEX.

3.7 AQUISIÇÃO DAS COORDENADAS GRÁFICAS.

Na aquisição das coordenadas da base cartográfica digital do município de Gravataí - RS e cálculo dos erros de posição, implementou-se as seguintes etapas metodológicas:

a) Ordenamento das coordenadas obtidas pelo método GPS e lançamento na base digital. Após o processamento e cálculo das coordenadas de campo procedeu-se o lançamento destas coordenadas no mapa digital. Este lançamento foi feito via teclado, em que cada coordenada era lançada digitando-se seus valores. O software utilizado foi o Autocad-Map da Autodesk.

b) Identificação e medição dos pontos homólogos no mapa digital. Para cada ponto foram obtidas coordenadas Norte e Este do mapa digital

Os pontos utilizados nos testes foram definidos através da interseção do prolongamento dos alinhamentos dos cordões de calçada, ou interseção de alinhamentos de muros com o cordão de calçada, ou vértices de lotes definidos por muros.

c) Cálculo dos erros de posição e classificação da qualidade geométrica.

De posse das duas listas de coordenadas, referentes aos dados de campo (GPS) e aos dados cartográficos (mapa digital), procedeu-se a comparação das coordenadas com a identificação dos erros de posição.

Com base nas diferenças entre as coordenadas foram realizados testes estatísticos de verificação de qualidade.

Verificou-se, primeiramente, a normalidade da distribuição, depuraram-se os erros sistemáticos e grosseiros, efetuaram-se os testes de hipótese analisando a precisão e a exatidão da amostra.

3.8 OBTENÇÃO DA QUALIDADE DE CARTA DIGITAL.

Como base nos resultados dos testes de hipótese definiu-se a aceitação da qualidade posicional planimétrica do mapa digital, em função das necessidades do usuário, assim como identificou-se a qualidade posicional planimétrica do documento cartográfico.

4.0 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na aplicação dos procedimentos metodológicos descritos no capítulo 3.0, apresentando os resultados das análises das necessidades dos usuários, classificação da qualidade posicional das cartas, definição dos parâmetros cartográficos de qualidade posicional, definição do tamanho da amostra, escolha dos pontos teste, medição em campo, processamento, determinação das coordenadas de carta, e o teste de carta.

4.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS

De acordo com a definição apresentada no Capítulo 2, a qualidade de uma carta digital pode ser expressa como “As características que esta carta deverá apresentar para satisfazer plenamente as necessidades dos usuários que buscam este produto” .

Neste trabalho os usuários são os profissionais que atuam no gerenciamento urbano, sendo representados pelos técnicos das prefeituras de Porto Alegre-RS, Gravataí-RS, Pelotas-RS e Florianópolis-SC.

1. Na definição das necessidades dos usuários foram entrevistados:
2. Duas doutoras em Planejamento e Gestão Urbana;
3. Quatro técnicos da Prefeitura Municipal de Porto Alegre - PMPA;
4. Três técnicos do DMAE Departamento Municipal de Água e Esgoto da PMPA
5. Quatro técnicos da Prefeitura Municipal de Gravataí;
6. Dois técnicos da Prefeitura Municipal de Pelotas;
7. Dois Técnicos da CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina;
8. Três técnicos da Prefeitura Municipal de Florianópolis;
9. 12 colaboradores de diversas outras prefeituras brasileiras.

As respostas são apresentados abaixo:

- 1) Para um satisfatório Gerenciamento Urbano, que informações necessitam ser cartografadas?

Resposta: todos apresentaram respostas similares, definindo as seguintes informações: Malha viária, calçadas, alinhamento predial e territorial, postes, arborização, praças, parques, construções principais, prédios públicos e religiosos e altimetria,

2) Que documentos cartográficos e escalas de trabalho serão necessários para o bom andamento das atividades de gerenciamento urbano?

Resposta: quase todos os pesquisados responderam necessitar de fotografias aéreas e mapas nas escalas que variam de 1/10.000 à 1 /2000. Exceção para o Município de Porto Alegre, que trabalham com escala 1/1.000.

3) Qual o erro máximo admissível na representação das informações cartografadas em comparação com a real posição no terreno, que não comprometa a solução dos problemas de gestão urbana.

As especialistas em Gestão urbana apresentaram o valor de 1,00 metro como o erro máximo admissível na representação cartográfica. "Qualquer diferença do mapa em relação ao terreno menor que 1 metro, não vai comprometer as atividades de gestão urbana na maioria dos Municípios brasileiros" (ORTH e MEDEVEDOSKI – 2001)

Os técnicos da Prefeitura de Porto Alegre apresentaram o valor de 0,30m como erro máximo admissível para as principais regiões da cidade. Cabe lembrar que a Prefeitura Municipal de Porto Alegre possui base cartográfica, de todo município, na escala 1/1.000

Os técnicos das Prefeituras de Florianópolis, Gravataí e Pelotas apresentaram o valor de 1,00 metro com erro máximo admissível na localização das informações mapeadas em relação ao terreno.

Para este trabalho, tendo em vista as respostas dos diversos técnicos, e a escolha da área teste ser no Município de Gravataí, adotar-se-á o valor de 1,00 metro como erro máximo.

Este erro máximo assume o valor da tolerância do produto cartográfico para as atividades de gerenciamento urbano definidos nesta pesquisa.

O Anexo 02 apresenta o nome dos especialistas e profissionais que fizeram parte desta análise das necessidades dos usuários.

4.2 – Classificação da qualidade posicional das cartas

A classificação das cartas segundo sua exatidão posicional é obrigatória, de acordo com o Decreto 89817 de 20 de junho de 1984. Este Decreto apresenta a obrigatoriedade do registro da classificação referente à exatidão cartográfica no rodapé

da carta. “É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação” (Art. 10 Decreto 89817 de 20/06/1984).

A tabela 4.1 apresenta os resultados da pesquisa sobre a classificação da qualidade posicional das cartas urbanas.

Municípios	Registro da classe da carta ou exatidão posicional
Porto Alegre – RS	Não
Gravataí – RS	Não
São Leopoldo - RS	Não
Novo Hamburgo - RS	Não
Cachoeirinha - RS	Não
Esteio - RS	Não
Alvorada - RS	Não
Guaíba - RS	Não
Portão – RS	Não
Parobé – RS	Não
Minas do Leão – RS	Não
Viamão – RS	Não
Pelotas – RS	Não
Florianópolis	Não
São Borja – RS	Não
Estância Velha – RS	Não
Dois Lages – RS	Não
Salvador – BA	Sim
Lauro de Freitas - BA	Sim
Camaçari – BA	Não
Vera Cruz – BA	Não
Uberaba – MG	Não
Vitória – ES	Não
Tubarão - SC	Não
São José – SC	Não
Arroio Grande – RS	Não
Capão do Leão – RS	Não

Piratini – RS	Não
Rio Grande – RS	Não
São José do Norte – RS	Não
São Lourenço do Sul – RS	Não
Farroupilha – RS	Não
Garibaldi – RS	Não
Encantado – RS	Não
Bagé – RS	Não
Caçapava do Sul – RS	Não
Santana do Livramento – RS	Não
Portão – RS	Não
Tapes – RS	Não
Camaquã – RS	Não
São José – SC	Não
Biguaçu – SC	Não
Criciúma – SC	Não
Laguna – SC	Não
Palhoça – SC	Não

Tabela 4.1 – Lista dos municípios pesquisados referente ao registro da exatidão posicional.

Resumo da pesquisa:

Dos 68 municípios pesquisados, apenas 2 possuem registro de classificação da Classe, de acordo com a exatidão cartográfica. Estes resultados referem-se as cartas nas escalas maiores que 1/10.000.

A estes resultados pode-se somar as cartas nas escalas 1/50.000 da cartografia sistemática brasileira, gerados pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército e pelo IBGE, que também não possuem classificação.

4.3 – PARÂMETROS CARTOGRÁFICOS DE QUALIDADE

Neste trabalho busca-se definir padrões de exatidão cartográfica a ser aplicado no controle de qualidade das cartas digitais urbanas. A tabela 4.2 apresenta um comparativo entre o produto cartográfico analógico e o produto cartográfico digital.

Tabela 4.2. Comparativo entre o produto cartográfico analógico e o digital.

Características	Mapa analógico	Mapa digital
Escala	Serve como base para visualização, precisão, dimensão do produto e técnica de coleta de informações	Serve como base para visualização
Articulação das folhas	Utilizada a partir da impossibilidade de se representar cartograficamente uma porção superficial em um único exemplar	Utilizada tão somente para facilitar arquivamento digital ou correlação com os mapas analógicos antigos.
Exatidão	Fortemente correlacionada com a escala.	Definida pelo usuário do mapa a ser gerado

Fonte: adaptado de Brandão et alli - 2001

De acordo com os resultados apresentados no item 4.1 deste trabalho (análise das necessidades dos usuários), o erro máximo aceito para os trabalhos de gestão urbana varia de 0,30m à 1,0 metro (Prefeitura municipal de Porto Alegre com valores de 0,30 m e as demais Prefeituras pesquisadas com valores de 1,0 metro).

Na análise da qualidade posicional cartográfica, este erro máximo admitido assume a função de tolerância posicional, como sendo de 3 (três) vezes o erro padrão planimétrico, para um nível de aceitação de 99,7%.

No caso específico da área de estudo (Região urbana de Gravataí – RS), o erro máximo identificado pelos técnicos da prefeitura, foi de 1,0 metro. Desta forma, o erro padrão é de 0,33m.

4.4 – DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA.

Na verificação da exatidão posicional de um mapa digital, dever-se-á comparar posições de feições registradas no mapa com a posição "real" da feição no modelo da superfície terrestre.

Na impossibilidade de se testar todos os pontos registrados no mapa, utiliza-se uma amostra destes pontos com tamanho suficiente para representar, dentro de um nível de aceitação, a população envolvida.

O tamanho da amostra pode ser calculado aplicando-se a fórmula apresentada por Pereira (1978).

$$n = \frac{Z^2 \gamma^2 N}{(N-1) \epsilon_r^2 + Z^2 \gamma^2} \quad (4.4.1)$$

Onde n = Tamanho da amostra

Z = Intervalo de confiança

$$\gamma = \frac{\sigma}{\mu} \quad (4.4.2)$$

σ = Desvio Padrão amostral e μ = Média Amostral

ϵ_r = Erro amostral relativo

N = Tamanho da População

ϵ = Erro amostral

$$\epsilon_r = \epsilon/\mu \quad (4.4.3)$$

Nota-se que, para calcular o tamanho da amostra dever-se-á definir o intervalo de confiança e o erro amostral relativo, assim como aplicar valores referentes à média da amostra e seu respectivo desvio padrão.

O valor do intervalo de confiança (Z) e o erro amostral são atribuídos em função da precisão da estimativa, finalidade da pesquisa, custo econômico e tempo disponível.

Neste trabalho, para que o custo envolvido na medição dos pontos teste não sejam superiores a 5 % do valor médio do mapeamento, e que apresente um nível de confiança que garanta uma elevada qualidade na estimativa, adotou-se um intervalo de confiança de 95% e $\epsilon = 0,05$ m.

O valor do erro amostral apresenta o erro máximo a ser aceito quando se utiliza uma média amostral ao invés da média populacional. Neste caso, 0,05m.

Neste trabalho, a média amostral assim como o desvio padrão amostral foi obtido de FRANCISCO (2001), que apresentou em sua dissertação de mestrado a avaliação de uma carta utilizando 15 pontos como teste,

$$\mu = 0,613\text{m}$$

$$\sigma = 0,393\text{ m}$$

Aplicando a equação (4.4.3) nestes valores, chega-se a $\epsilon_r = 8\%$ e para o intervalo de confiança de 95%, tem-se $Z = 1,96$. Aplicando (4.4.2) chega-se a $\gamma = 0,641$. Resta ainda definir o tamanho da população N .

Neste trabalho, N representa a quantidade de informações registradas no mapa (coordenadas de campo) passíveis de serem analisadas quanto à exatidão posicional.

Adotando-se como pontos a serem analisados os cantos de quadras, alinhamentos de cordão de calçada, vértices de lotes e alinhamentos de muros com cordão de calçada pode-se construir as seguintes correlações:

Para um loteamento urbano, padrão, com quadras de dimensões 60mX100m, contendo 20 lotes com suas respectivas construções, taxa média de ocupação de 4,6 habitantes por lote, tem-se: 4 pontos de cantos de quadra, 22 pontos de vértices de frente de lotes, 22 pontos de alinhamentos de muros com cordão de calçada, perfazendo um total de 48 pontos para 92 habitantes.

Para uma estimativa inicial numa população aproximada de 10.000 habitantes, tem-se 5.000 possíveis pontos de serem cartografados e testados.

No estudo da variação do tamanho da amostra definiu-se como intervalo do tamanho da população N variando de 10.000 eventos a 60.000 eventos, para definir o tamanho da amostra à priori.

As tabelas 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, apresentam os resultados deste estudo na aplicação da equação (4.4.1) variando o tamanho da população N , intervalo de confiança Z , e erro amostral relativo ϵ_r .

$\alpha (Z) \setminus \epsilon_r$	1%	2%	3%	4%	5%	7%	8%	10%
80%(1,28)	2167	647	298	170	109	56	43	28
90%(1,64)	3124	1020	481	276	178	92	70	45
95%(1,96)	3935	1395	672	389	253	131	100	64
99%(2,28)	4676	1800	889	520	339	176	135	87

Tabela 4.3 variação para o tamanho da população de 10.000 eventos

$Z \setminus \epsilon_r$	1%	2%	3%	4%	5%	7%	8%	10%
80%(1,28)	2431	668	302	171	110	56	43	28
90%(1,64)	3702	1075	492	279	180	92	70	45
95%(1,96)	4899	1500	695	397	256	131	100	64
99%(2,28)	6102	1978	930	534	345	177	136	87

Tabela 4.4 variação para o tamanho da população de 20.000 eventos

$Z \setminus \varepsilon_\gamma$	1%	2%	3%	4%	5%	7%	8%	10%
80% (1,28)	2588	680	305	172	110	56	43	27
90%(1,64)	4080	1104	498	281	180	92	70	45
95%(1,96)	5583	1559	708	401	257	132	101	64
99%(2,28)	7200	2081	952	541	348	178	136	87

Tabela 4.5 variação para o tamanho da população de 40.000 eventos

$Z \setminus \varepsilon_\gamma$	1%	2%	3%	4%	5%	7%	8%	10%
80% (1,28)	2645	684	305	172	110	56	43	27
90%(1,64)	4343	1122	502	283	181	92	70	45
95%(1,96)	5855	1579	712	402	258	132	101	64
99%(2,28)	7660	2118	960	544	349	178	136	87

Tabela 4.6 variação para o tamanho da população de 60.000 eventos

Analisando as tabelas acima constata-se que, para os dados atribuídos à priori, com intervalo de confiança de 95% e erro amostral relativo de 8%, o tamanho da amostra apresenta uma tendência de 101 eventos, ou seja, 101 pontos a serem testados.

Nota-se que a partir de um valor do tamanho da população o tamanho da amostra permanece constante, sem variação.

Para municípios pequenos os valores de intervalo de confiança e erro amostral deverão ser re-dimensionados, pois o custo da análise da qualidade do mapa não poderá apresentar valor alto em relação ao valor do mapeamento.

4.5 - Escolha dos pontos teste.

Após a definição do tamanho da amostra proceder-se-á a escolha dos pontos a serem medidos.

Os critérios de escolha destes pontos segue discriminado, como sendo:

- 1) A localização dos pontos foi definida aleatoriamente, através de sorteio manual;
- 2) O sorteio privilegiou a região de maior concentração de informações cartografadas, pois, a partir do mapa digital foi gerada uma matriz de linhas e colunas, em que todas

as coordenadas componentes do mapa foram listadas seqüencialmente, gerando uma matriz de 290.000 eventos. A esta matriz foi aplicado o sorteio de pontos;

- 3) A partir da localização dos pontos sorteados definiu-se, in loco, o ponto efetivo a ser medido. Nesta escolha, foram privilegiados os pontos de melhor identificação campo x mapa, e aqueles que apresentavam maior facilidade para coleta de dados;

A figura 4.1 apresenta a localização dos pontos testes, referente ao mapa digital da região urbana de Gravataí.

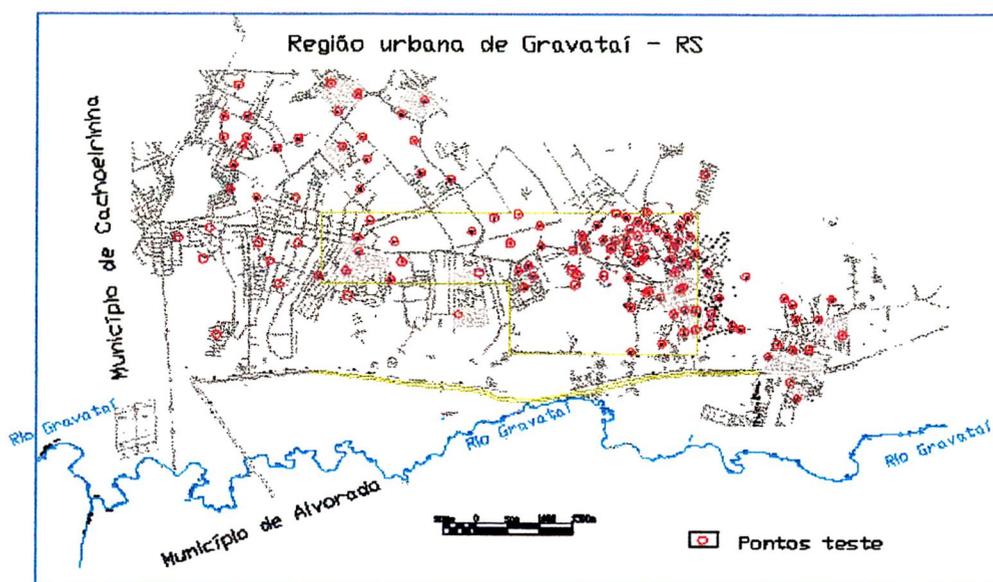


Figura 4.1 Localização dos pontos teste na região urbana de Gravataí.

Para cada ponto rastreado foi feito um croquis para servir de auxílio na identificação futura dos pontos e diversos dados adicionais que pudessem ser necessários.

A figura 4.2 apresenta a localização de um ponto específico, exemplificando o critério de escolha dos pontos teste.

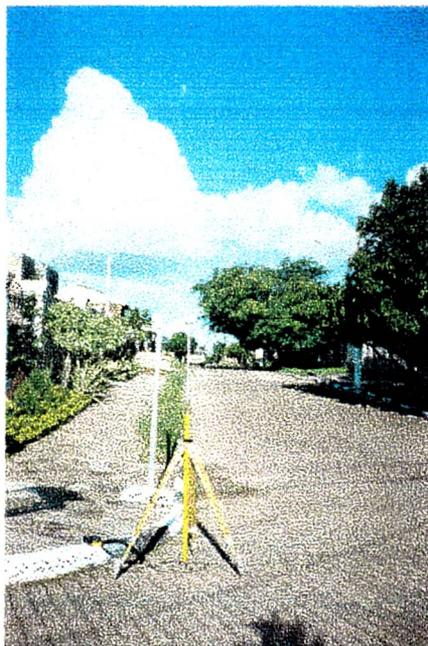


Figura 4.2. Detalhamento do ponto teste, na interseção dos cordões de calçada

4.6 - Medição em Campo e processamento dos dados.

Para a medição das coordenadas de campo dos pontos teste utilizou-se os métodos de posicionamento GPS relativo estático e estático rápido.

Como estação de referência utilizou-se a Estação POAL/Porto Alegre, com as seguintes características:

1. Identificação da Estação:

Nome da Estação: Porto Alegre

Ident. da Estação: POAL

Código Internacional: 91850

2. Informações sobre a localização:

Cidade: Porto Alegre

Estado: Rio Grande do Sul

Coordenadas Oficiais SAD-69.

Latitude: $-30^{\circ} 04' 24,7579''$ Sigma: 0,009m

Longitude: $-51^{\circ} 07' 09,2863''$ Sigma: 0,032m

Alt. elip: 73,9071m Sigma: 0,0197m

UTM (N) 6673047,825m

UTM (E) 488507,424

MC: -51°

Os equipamentos utilizados foram de uma frequência, obedecendo três esquemas distintos:

- Método estático com duração de 30 à 40 minutos;
- Método Estático-rápido com duração de 20 à 30 minutos;
- Método Estático rápido com duração de 15 minutos.

O vértice de referência utilizado (POAL-91850) dista 19 km da região. Implantou-se um ponto na região através do transporte de coordenadas. A região escolhida para implantação deste ponto foi o Seminário São José, próximo ao centro da cidade. A este ponto foi dado o nome Ponto Padre-Nicolau, em homenagem ao diretor do Seminário.

Neste rastreo mediram-se 8 sessões de aproximadamente 120 minutos cada, em dias diferentes.

No rastreamento estático diversos pontos foram medidos simultaneamente com a Estação RBMC, com períodos de 40 e 30 minutos.

O rastreamento estático-rápido utilizou-se como estação de referência a Estação Padre Nicolau, sendo rastreado simultaneamente com outro receptor, ocupando os pontos de campo a serem levantados. Neste método a distância máxima medida foi da ordem de 5 km.

Um terceiro método de rastreo , estático rápido, utilizou-se dois receptores trabalhando em uma região da cidade. Um receptor ficou estacionado em um ponto novo de interesse por 120 minutos e o outro receptor era posicionado em outros pontos a serem levantados. O período de rastreo deste segundo receptor era de 15 minutos. A distância máxima entre receptores foi de 500 metros. O processamento dos dados do primeiro receptor foi feito com referência aos dados da estação RBMC, enquanto os dados do segundo receptor foram processados com referência aos dados do primeiro receptor.

Ainda com referência ao rastreo, utilizou-se uma outra estação base denominada SPG de propriedade da Empresa SPG Soluções em Posicionamento Global LTDA, que opera na região central de Porto Alegre , distando 18 Km da região de estudo. Esta estação foi utilizada nos dias em que a estação POAL - RBMC apresentou algum tipo de problema e não pode ser utilizada como estação referência.

O processamento das informações rastreadas foi feito utilizando o modo relativo com uma estação fixa.

O quadro 4.1 apresenta um exemplo do resultado do processamento de um ponto, com suas respectivas coordenadas.

EZSurv Post Processor 2.06		BASELINE SUMMARY	
BASELINE: BASE_SPG_3011-PADRE_3011		BASELINE OCCUPATION NO.: 01	
Project:	C:\gtr-1\PROCESSAMENTO_30112001_RSR\processado.spr [06d]		
Processing Date:	2000/01/07 14:33:49 (LOCAL)	Time Zone:	GMT-2.00h
Orbits:	Broadcast	Clock Model:	Broadcast
Mapping System:	GEOWGS [Geographic]	Datum:	WGS84
Geoid Model:	<None>		
Elevation Cutoff:	15		
BASE STATION (BASE_SPG_3011) [c:\gtr-1\11122002_BASES_SPG_RSR\11130.obs]			
Site Occupation:	01	Antenna Height:	0.000 [Slant: 0.000]
Measurement Interval:	5.00 seconds Antenna Model: <None> (meters)		
WGS84 (meters)			
Lat:	S 30 03 09.69631		
Lon:	W 51 13 18.72739		
Hgt:	50.474		
Und:	0.000		
MSL:	50.474		
REMOTE STATION (PADRE_3011) [c:\gtr-1\01122001_RSR\01020038-011130-B.OBS]			
Site Occupation:	01	Antenna Height:	1.470 [Slant: 1.470]
Measurement Interval:	15.00 seconds Antenna Model: <None> (meters)		
WGS84 (meters)			
Lat:	S 29 56 22.01142 +/- 0.006		
Lon:	W 50 58 57.58094 +/- 0.006		
Hgt:	32.270 +/- 0.012		
Und:	0.000		
MSL:	32.270 +/- 0.012		
BASELINE RESULTS			
Solution Type:	L1 fixed	Processing Interval:	15.00 seconds
Time Interval:	2001/11/30 10:34:13.00 to 2001/11/30 19:17:58.00 [523.8 min.]		
Observations:	15234	Observations Used:	15234 [100.00%]
WGS84 Vector (meters)		WGS84 (meters)	
dx:	21894.447 +/- 0.0097	Slope:	26274.297 +/- 0.015
dy:	9621.278 +/- 0.0085	FwdAz:	61 31 06.85182
dz:	10881.308 +/- 0.0075	BwdAz:	241 23 56.32906
		FwdVA:	90 09 27.88954
RMS	0.042	BwdVA:	90 04 42.06759
COVARIANCE MATRIX			
	dx	dy	dz
dx	9.412175e-05		
dy	-5.427370e-05	7.210117e-05	
dz	-2.709549e-05	3.714589e-05	5.605739e-05

Quadra 4.1. Exemplo do resultado do processamento de um ponto rastreado.

As coordenadas GPS dos pontos teste, assim como seus respectivos desvios-padrões, apresentam-se na tabela 4.6

Ponto	Norte (m)	Desvio –Padrão(m)	Este (m)	Desvio –Padrão (m)
A0901	6687206.530	0,002	501504.221	0,001
A1001	6687141.520	0,002	501640.201	0,003
B0901	6686905.679	0,001	502205.539	0,001
B1001	6687206.368	0,001	501164.531	0,002
C0901	6686814.007	0,003	502448.416	0,003
C1001	6687144.261	0,003	500945.262	0,002
D0901	6687304.434	0,003	502484.743	0,004
D1001	6687398.874	0,093	501191.402	0,050
E1001	6687642.356	0,002	501308.146	0,003
F0901	6687637.397	0,039	502313.687	0,050
F1001	6688035.687	0,044	501130.653	0,072
G0901	6687300.887	0,054	502842.812	0,031
H0901	6687623.692	0,002	503039.589	0,003
p002	6688522.586	0,001	500675.49	0,002
p003	6687653.142	0,002	500401.765	0,004
p003a	6690468.928	0,001	494038.311	0,001
p004	6690143.501	0,001	493675.395	0,001
p005	6689712.454	0,031	493835.653	0,020
p006	6689333.303	0,002	493783.027	0,002
p007	6690005.751	0,003	493971.809	0,004
p008	6689207.316	0,002	494185.212	0,002
P00A	6687449.689	0,003	500775.004	0,003
p010	6690131.842	0,003	494030.545	0,002
p013	6690806.328	0,005	495732.217	0,008
P023	6687632.549	0,008	499929.265	0,004
p023a	6690948.443	0,021	493903.810	0,018
p023b	6690976.620	0,004	495312.686	0,003
P024	6690527.886	0,001	495419.558	0,002
p025	6689966.509	0,007	494496.577	0,005
P026a	6690140.595	0,018	495807,528	0,043
p030	6689791.564	0,004	495869.677	0,003
p031	6690080.802	0,003	496595.663	0,003
P035	6687489.719	0,024	499948.609	0,018

P036	6688554.979	0,005	499515.908	0,004
p047	6686829.688	0,009	502700.072	0,017
p049	6687060.627	0,003	503208.430	0,003
p050	6686719.758	0,003	502064.703	0,004
p051	6686058.036	0,005	502517.784	0,004
p061a	6688676.633	0,027	497488.411	0,026
P062	6686792.967	0,003	499949.971	0,003
P063	6687718.080	0,006	500183.897	0,007
P072	6687776.424	0,029	500695.250	0,018
P075	6688962,320	0,006	499712,041	0,005
P079a	6687976.364	0,005	498444.153	0,004
p080	6687833.950	0,022	499084.414	0,053
P082	6687802.318	0,006	500753.705	0,006
P087	6688507.270	0,055	499660.777	0,086
P090	6688396.029	0,047	499264.160	0,248
P091	6688484.813	0,007	499217.728	0,004
P092	6688907.724	0,042	499870.588	0,122
P096	6688529.497	0,012	499710.965	0,086
p098	6687845.948	0,006	499605.813	0,005
p099	6688017.079	0,041	499111.869	0,062
P0AA	6687449.689	0,003	500775.004	0,003
p100	6688083.940	0,030	499031.710	0,032
p101	6688620.221	0,070	499194.205	0,070
p1010	6688083.970	0,004	499031.849	0,003
p102	6688381.215	0,042	499054.067	0,034
P103	6688774.884	0,004	499418.420	0,004
P104	6688845.044	0,004	499492.464	0,003
P105	6688672.321	0,005	499306.850	0,007
p106	6688505.990	0,054	499090.625	0,087
P107	6688641.830	0,003	499165.743	0,005
p108	6688334.774	0,032	500928.863	0,052
p109	6688061.289	0,007	499713.679	0,006
p110	6688365.279	0,030	499913.921	0,003
p112	6688210.786	0,001	500066.452	0,001
p113	6687985.213	0,004	499527.757	0,003
p114	6688401.322	0,025	500142.330	0,017
P115	6688426.061	0,005	499640.559	0,005
P116	6688267.399	0,007	499576.898	0,007

P118	6688450.223	0,003	499867.979	0,002
P119	6688716.942	0,006	499931.675	0,005
p120	6688164.660	0,031	500788.034	0,022
P121	6688695.973	0,063	500346.367	0,044
P122	6688596.246	0,064	500505.722	0,012
p123a	6688252.168	0,087	500557.272	0,061
p124	6688490.278	0,051	498076.013	0,050
p124b	6688908.756	0,003	500819.326	0,003
P125	6687948.421	0,010	499907.578	0,017
p125a	6688416.657	0,017	500593.688	0,026
p125b	6688421.970	0,010	500593.026	0,017
P126	500050.520	0,008	6688613.715	0,009
P127	6688042.114	0,007	500614.251	0,008
P128	6688570.741	0,004	499874.061	0,005
p129	6688599.975	0,025	500856.739	0,039
p130	6688503.729	0,003	500564.583	0,002
P131	6688769.336	0,010	500701.934	0,015
p132	6688772.373	0,028	500277.900	0,048
P133	6688314.625	0,003	500186.375	0,003
P134	6688271.944	0,004	500106.985	0,005
P137	6688974.270	0,005	500192.491	0,005
p138	6688741.639	0,059	500187.808	0,067
P139	6688836.295	0,005	500053.378	0,005
p140	6688842.787	0,002	495928.415	0,002
p141	6688354.074	0,002	495753.198	0,002
p147	6687790.694	0,003	498303.882	0,003
p147b	6687795.928	0,003	498298.981	0,003
p149b	6688453.893	0,002	498564.124	0,002
p150	6688942.175	0,004	498202.520	0,003
p151	6688769.985	0,004	498541.549	0,004
P152	6688059.608	0,002	498215.239	0,004
p152a	6688061.024	0,002	498214.955	0,004
P153	6688140.330	0,001	498367.340	0,004
P155	6687098.570	0,028	500765.291	0,059
p156	6687453.778	0,004	500942.833	0,004
P157	6687386.708	0,004	500604.913	0,008
p158a	6688885.882	0,053	497823.836	0,050

p158b	6688889.556	0,053	497823.922	0,050
P180	6687746.647	0,006	500217.787	0,005
p1901	6688049.846	0,002	495561.832	0,003
p1902	6687970.594	0,003	495136.130	0,003
p1903	6688190.813	0,003	496413.568	0,004
p1904	6687912.544	0,004	496253.196	0,005
p1905	6688514.966	0,004	496298.911	0,005
p1906	6688581.233	0,004	495735.657	0,003
p204	6690117.552	0,003	494824.168	0,004
PADRE NICOLAU	6687968.253	0,005	501722.483	0,004

Pode-se notar que a precisão das coordenadas obtidas pelo processo de rastreamento GPS ficaram abaixo de 0,10 metro, exceto os pontos P090 e P092, que apresentam valores um pouco acima, 0,248m em leste e 0,122m também em leste, respectivamente.

Neste trabalho, o erro máximo definido foi de 1,00 metro, sendo que a precisão das coordenadas para verificação da qualidade do mapa digital deverá ser de 0,33 metro. Como este valor é resultante dos desvios nos eixos Norte e Este, há necessidade de desmembrá-los nos dois eixos, chegando a aproximadamente 0,23m a projeção nos eixos Norte e Leste.

Desta forma os resultados do levantamento de campo apresentaram valores melhores que os valores máximos, podendo ser utilizado para verificação da qualidade de cartas com exatidão de 1,00 metro.

4.7 – OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DO MAPA.

Na obtenção das coordenadas de mapa dos pontos teste utilizou as ferramentas de computação gráfica com aproximação de precisão para minimizar os erros de identificação e definição. Recursos como ampliação, identificação de ponto final de poligonal, interseção de linhas, facilitaram esta identificação e registro das coordenadas.

A figura 4.3 apresenta um extrato do mapa digital, ilustrando o processo de identificação e obtenção destas coordenadas.

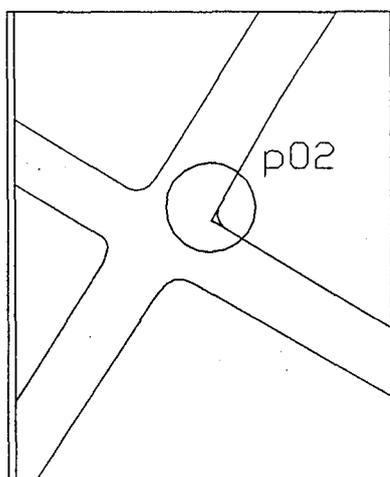


Figura 4.3 identificação e medição das coordenadas do mapa digital.

Os croquis de identificação gerados na época do rastreo GPS foram utilizados e auxiliaram para dirimir dúvidas de identificação. Mesmo assim, alguns pontos com identificação duvidosa foram excluídos.

Ao final desta etapa gerou-se uma lista de coordenadas referente aos pontos testes, com as respectivas coordenadas UTM.

De posse das duas listas de coordenadas, uma obtida através do rastreo GPS e a outra através da medição das coordenadas no mapa digital, iniciou-se a comparação dos resultados e obtenção dos resíduos.

4.8 – CÁLCULO DOS ERROS POSICIONAIS

A Prefeitura Municipal de Gravataí utiliza um mapa digital urbano para apoio às suas atividades de gerenciamento. Este Mapa foi elaborado em duas épocas distintas. A região central da cidade foi mapeada em 1995, utilizando fotografias aéreas deste ano, enquanto a região periférica foi mapeada em 1993 com fotografias aéreas de 1993.

Numa avaliação geral constata-se que a região de limite entre os dois mapeamentos apresenta uma descontinuidade da ordem de 7 a 8 metros. Desconhecendo as causas desta diferença adotou-se o critério de efetuar uma pré-análise em separado das duas partes mapeadas. Para isto geraram-se tabelas específicas das duas áreas, contendo as coordenadas teste obtidas pelo método GPS, as coordenadas obtidas diretamente do mapa digital e as respectivas diferenças entre as coordenadas.

O anexo III apresenta a listagem contendo as diferenças entre as coordenadas de campo e as coordenadas de carta, para a área central de Gravataí.

Pode-se notar que o valor do somatório dos resíduos nas componentes Norte apresenta um valor positivo de 546,102 metros, com média 7,37 m, e nas componentes Leste -95,871 m, com média de -1,29 m. Os valores dos somatórios deveriam tender para zero, apresentando uma tendência central correspondente a distribuição normal. Neste caso, o comportamento destes resíduos caracteriza-se por apresentar erros grosseiros ou erros sistemáticos, ou ambos.

O anexo IV apresenta a listagem contendo as diferenças entre as coordenadas de campo e as coordenadas de carta, para a periférica de Gravataí.

No caso dos valores da região periférica os valores são menores, como somatório dos resíduos na componente Norte apresentando um valor positivo de 62,7m, com média de 1,79m e na componente Leste 24,2m com média de 0,69m. Apesar dos valores dos resíduos serem menores que os resíduos da região central, estes ainda apresentam erros sistemáticos e/ou grosseiros.

Na aplicação dos testes de hipótese para avaliação da qualidade geométrica dos mapas, baseado na distribuição normal, há necessidade que os resíduos contenham somente erros aleatórios. Neste caso, é preciso eliminar, dentro de um intervalo de aceitação, os erros grosseiros e sistemáticos.

Na identificação dos erros grosseiros adotou-se os seguintes critérios:

- 1- Identificar os pontos que apresentaram diferenças maiores que 3 desvios-padrão;
- 2- Verificar no croquis de campo destes pontos, a possibilidade de haver erro de identificação;
- 3- Verificar se estes pontos possuem problemas no rastreamento GPS, como tempo reduzido, perda de ciclo, multicaminhamento, etc..

Identificada a causa de algum erro grosseiro, este ponto é eliminado da amostra.

Na análise dos erros sistemáticos constata-se que a região central e a região periférica apresentam deslocamentos, em Norte e em Leste. Os valores das médias dos deslocamentos e seus respectivos desvios-padrão são 7,82m e 1,73m para a região central, e 1,79m e 0,69m, para a região periférica.

Com base nas médias das diferenças procedeu-se uma transformação do sistema de coordenadas do mapa, sendo uma translação no eixo Norte e a outra no eixo Leste.

Apesar das novas coordenadas apresentarem resíduos menores que as originais, na comparação com as coordenadas de campo GPS, estes valores ainda apresentaram tendenciosidade positiva, levando a crer que ainda existisse erros sistemáticos. Provavelmente, um fator de rotação, ou mesmo um fator de escala podem estar presentes.

Desta forma procedeu-se a transformação de Helmert, com quatro parâmetros, sendo duas translações, uma rotação e um fator de escala para os dois eixos, assim representados:

$$X_g = AX_c + BY_c + C \quad (4.1)$$

$$Y_g = -BX_c + AY_c + D \quad (4.2)$$

Onde:

X_g e Y_g são as coordenadas de referência;

X_c e Y_c são as coordenadas obtidas na carta e

A, B, C, D são os parâmetros de transformação a ser estimado.

O Anexo V apresenta o relatório do ajustamento utilizando a transformação de Helmert, contendo o vetor solução, a correção dos resíduos, a $V^T PV$ e a Variância da unidade de peso à posteriori, das coordenadas da região central de Gravataí.

Neste ajustamento o valor de $V^T PV$ foi de 146,659 e variância da unidade de peso à posteriori foi de 1,078375.

Para a análise do ajustamento, faz-se a comparação entre a variância da unidade de peso a priori com a posteriori, e para tal usa-se a distribuição Qui-quadrada, num teste bilateral ao nível de 5% de significância.

Como os testes a serem feitos apresentam um grande número de graus de liberdade então, de acordo com SPIEGEL-1979, pode-se utilizar a expressão (4.3) com a finalidade de calcular o valor da função.

$$X^2 = \frac{(\pm Z + \sqrt{2\nu - 1})^2}{2} \quad (4.3)$$

sendo:

$X^2 =$ Valor da distribuição Qui-quadrado ;

$Z = 1,96$, para um intervalo de aceitação de 95%;

$\nu =$ Grau de liberdade que no caso da região central, foi $\nu = 136$
Tem-se:

$$X^2 = \frac{(\pm 1,96 + \sqrt{271})^2}{2}$$

$$\frac{(+1,96 + \sqrt{271})^2}{2} = 169,68$$

$$\frac{(-1,96 + \sqrt{271})^2}{2} = 105,155$$

Na avaliação do ajustamento das observações o resultado deve apresentar

$$169,68 \geq V^T PV \geq 105,155$$

No ajustamento $V^T PV = 146,659$, aceitando assim o ajustamento de observações, para um peso de 1,5 (Variância de 0,67), e variância a posteriori de 1,07, com 70 pontos e 140 equações de observações.

O AENXO VI apresenta o relatório do ajustamento utilizando a transformação de Helmert, contendo o vetor solução, a correção dos resíduos, a $V^T PV$ e a Variância a posteriori das coordenadas da região periférica de Gravataí.

De igual forma ao que já se realizou para a região central, vai-se fazer o teste Qui-quadrado para a região periférica para verificar a validade do ajustamento.

$$\nu = 70 - 4 = 66 \text{ graus de liberdade}$$

$$X^2 = \frac{(\pm 1,96 + \sqrt{131})^2}{2}$$

$$\frac{(+1,96 + \sqrt{131})^2}{2} = 89,854$$

$$\frac{(-1,96 + \sqrt{131})^2}{2} = 44,987$$

Na avaliação do ajustamento das observações o resultado deve apresentar

$$94,528 \geq V^T PV \geq 48,313$$

No ajustamento $V^T PV = 75,540$, aceitando assim o ajustamento de observações, para um peso de 1,5 (Variância de 0,67), e variância a posteriori de 1,07, com 35 pontos e 70 equações de observações.

Os parâmetros de transformação foram aplicados às coordenadas iniciais do mapa digital e geraram coordenadas corrigidas do mapa, como apresentado na tabela 4.7 e 4.8.

Tabela 4.10 comparação das coordenadas GPS e Mapa digital com suas respectivas diferenças, para a região central de Gravataí.

Ponto	Este GPS	Norte GPS	Este do mapa	Norte do Mapa	Dif. Este	Dif.Norte	resultante
1	500945.262	6687144.261	500945.0519	6687144.91	0.21009464	-0.64888701	0.6820
2	500675.490	6688522.586	500675.2487	6688522.339	0.24134890	0.24730672	0.3455
3	500775.004	6687449.689	500776.4871	6687449.012	-1.48313433	0.67697890	1.6303
4	499929.265	6687632.549	499929.9342	6687631.537	-0.66921755	1.01169366	1.2130
6	499948.609	6687489.719	499947.6238	6687491.97	0.98523265	-2.25097938	2.4571
7	499515.908	6688554.979	499516.046	6688554.491	-0.13801016	0.48783630	0.5069
8	497488.411	6688676.633	497488.7374	6688676.23	-0.32638682	0.40250558	0.5182
9	499949.971	6686792.967	499949.4471	6686790.919	0.52389855	2.04844600	2.1143
10	500183.897	6687718.080	500185.7399	6687718.244	-1.84285991	-0.16403788	1.8501
11	500695.250	6687776.424	500694.8795	6687777.074	0.37048066	-0.65019231	0.7483
12	498444.153	6687976.364	498443.2476	6687978.045	0.90543804	-1.68135073	1.9096
13	499084.414	6687833.950	499084.2799	6687833.527	0.13405785	0.42322620	0.4439
14	500753.705	6687802.318	500754.1844	6687801.74	-0.47936867	0.57844628	0.7512
15	499264.160	6688396.029	499264.2284	6688396.104	-0.06841968	-0.07515018	0.1016
16	499217.728	6688484.813	499217.3792	6688484.881	0.34876782	-0.06824651	0.3553
17	499870.588	6688907.724	499870.3013	6688907.834	0.28672327	-0.11018009	0.3071
18	499710.965	6688529.497	499711.2334	6688528.104	-0.26838286	1.39252585	1.4181
19	499605.813	6687845.948	499605.1627	6687843.8	0.65030812	2.14769713	2.2439
20	499111.869	6688017.079	499110.8147	6688017.14	1.05433530	-0.06098102	1.0560
21	499031.710	6688083.940	499031.7623	6688084.841	-0.05228686	-0.90149454	0.9030
22	499194.205	6688620.221	499194.0302	6688619.344	0.17481982	0.87702025	0.8942
23	499031.849	6688083.970	499031.7623	6688084.841	0.08671314	-0.87149454	0.8757
24	499054.067	6688381.215	499053.4554	6688381.246	0.61161211	-0.03059896	0.6123
25	499418.420	6688774.884	499418.5561	6688774.153	-0.13611015	0.73076928	0.7433
26	499492.464	6688845.044	499494.1792	6688847.271	-1.71523161	-2.22686689	2.8108
27	499306.850	6688672.321	499306.4381	6688672.375	0.41189338	-0.05427072	0.4154
28	499090.625	6688505.990	499090.8593	6688505.796	-0.23430965	0.19388497	0.3041
30	500928.863	6688334.774	500929.1134	6688335.424	-0.25036098	-0.64996815	0.6965
31	499913.921	6688365.279	499913.7845	6688366.198	0.13649233	-0.91937564	0.9294
33	500066.452	6688210.786	500064.0665	6688211.36	2.38546721	-0.57374642	2.4534
35	500142.330	6688401.322	500142.1805	6688401.203	0.14954090	0.11928202	0.1912
36	499640.559	6688426.061	499641.4689	6688426.448	-0.90994970	-0.38697003	0.9888
37	499576.898	6688267.399	499577.6447	6688266.681	-0.74673029	0.71780000	1.0357
38	499867.979	6688450.223	499868.14	6688450.863	-0.16099184	-0.64031672	0.6602
39	499931.675	6688716.942	499932.0301	6688716.998	-0.35511699	-0.05648816	0.3595
40	500788.034	6688164.660	500787.9572	6688165.023	0.07677160	-0.36253146	0.3705

41	500346.367	6688695.973	500345.6648	6688695.854	0.70218210	0.11941983	0.7122
42	500505.722	6688596.246	500505.7456	6688596.156	-0.02358886	0.09014003	0.0931
43	500557.272	6688252.168	500557.7095	6688252.715	-0.43752430	-0.54696704	0.7004
44	498076.013	6688490.278	498075.3616	6688490.211	0.65142699	0.06707654	0.6548
45	500819.326	6688908.756	500818.9859	6688908.612	0.34011002	0.14423079	0.3694
46	499907.578	6687948.421	499908.1354	6687948.024	-0.55742461	0.39668258	0.6841
47	500593.026	6688421.970	500593.9292	6688422.066	-0.90318097	-0.09617482	0.9082
48	500050.520	6688613.715	500050.0001	6688614.566	0.51989797	-0.85125719	0.9974
49	500614.251	6688042.114	500614.0097	6688042.469	0.24133218	-0.35547286	0.4296
50	500615.773	6688043.355	500614.0097	6688042.469	1.76333218	0.88552714	1.9731
51	499874.061	6688570.741	499874.2021	6688570.63	-0.14109858	0.11060663	0.1792
52	500856.739	6688599.975	500857.1835	6688598.862	-0.44446389	1.11252561	1.1980
53	500564.583	6688503.729	500564.6026	6688503.127	-0.01957922	0.60229786	0.6026
54	500701.934	6688769.336	500702.1677	6688768.932	-0.23365122	0.40429864	0.4669
55	500277.900	6688772.373	500278.2413	6688771.985	-0.34129962	0.38776834	0.5165
56	500186.375	6688314.625	500185.2478	6688315.373	1.12715667	-0.74797724	1.3527
57	500106.985	6688271.944	500104.9422	6688273.017	2.04276477	-1.07313996	2.3074
58	500187.808	6688741.639	500187.8225	6688741.386	-0.01454201	0.25260347	0.2530
59	500053.378	6688836.295	500054.0858	6688836.757	-0.70775723	-0.46185405	0.8451
60	495928.415	6688842.787	495929.0736	6688841.838	-0.65862151	0.94874450	1.1549
61	495753.198	6688354.074	495753.1325	6688354.181	0.06553096	-0.10653459	0.1250
62	498298.981	6687795.928	498299.2114	6687795.229	-0.23035195	0.69900906	0.7359
63	498564.124	6688453.893	498564.3191	6688454.607	-0.19505970	-0.71351840	0.7397
64	498202.520	6688942.175	498203.7532	6688943.151	-1.23319010	-0.97616587	1.5727
65	498541.549	6688769.985	498538.9761	6688769.281	2.57293187	0.70419779	2.6675
66	498214.955	6688061.024	498216.4505	6688061.419	-1.49554198	-0.39544031	1.5469
67	498365.394	6688143.788	498365.2605	6688144.564	0.13352909	-0.77608211	0.7874
68	500942.833	6687453.778	500943.6587	6687453.56	-0.82572624	0.21791387	0.8539
69	500604.913	6687386.708	500604.8196	6687386.59	0.09336213	0.11843304	0.1508
70	497823.922	6688889.556	497824.6436	6688888.485	-0.72159917	1.07081921	1.2912
71	500217.787	6687746.647	500219.0457	6687746.466	-1.25866307	0.18137710	1.2716
72	495561.832	6688049.846	495563.3174	6688049.3	-1.48543468	0.54560726	1.5824
73	496253.196	6687912.544	496251.3181	6687912.637	1.87790627	-0.09298766	1.8802
74	495735.657	6688581.233	495735.7683	6688581.77	-0.11129251	-0.53699857	0.5484
				Somatório	-0.00099998	0.00000042	68.052
				Média	-0.00001429	0.00000001	0.9721
				Variância			0.4581
				Desvio-padrão			0.6768

Analisando os resultados dos somatórios dos resíduos, tanto na componente Norte quanto na componente Leste constata-se que apresenta uma tendência para a nulidade, característica própria da distribuição Normal.

A Tabela 4.8 apresenta a comparação das coordenadas GPS e Mapa digital com seus respectivos resíduos, para a região periférica de Gravataí

Este GPS	Norte GPS	Este Ajustado - carta	Norte Ajustado Carta	Dif. Este	Dif. Norte	resultante
501640.201	6687141.52	501639.6796	6687141.327	0.521354885	0.19319261	0.5559
502205.539	6686905.679	502205.6362	6686905.57	-0.097207565	0.1089087	0.1459

501164.531	6687206.368	501163.7837	6687207.01	0.747333807	-0.64177302	0.9850
502448.416	6686814.007	502448.3435	6686814.342	0.072471948	-0.335450919	0.3431
502484.743	6687304.434	502484.913	6687304.269	-0.170038195	0.164608451	0.2366
501191.402	6687398.874	501191.5475	6687398.958	-0.145543709	-0.0838388	0.1679
501308.146	6687642.356	501308.4266	6687642.252	-0.280560422	0.1039954	0.2992
502313.687	6687637.397	502312.4492	6687637.441	1.237769875	-0.04446383	1.2385
501130.653	6688035.687	501131.1049	6688035.792	-0.451930437	-0.10534118	0.4640
502842.812	6687300.887	502843.4242	6687299.822	-0.612182486	1.0654471	1.2287
503039.589	6687623.692	503038.0439	6687623.499	1.545059368	0.19254558	1.5670
493682.783	6690454.145	493682.6931	6690454.125	0.089937626	0.02027082	0.0921
494038.311	6690468.928	494038.2412	6690468.897	0.069812398	0.0310599	0.0764
493675.395	6690143.501	493675.1224	6690142.464	0.272603446	1.03688645	1.0721
493835.653	6689712.454	493835.1918	6689712.689	0.461159128	-0.23496394	0.5175
493783.027	6689333.303	493783.0673	6689333.414	-0.040301398	-0.111054869	0.1181
493971.809	6690005.751	493971.1902	6690005.337	0.618761706	0.41436907	0.7446
494185.212	6689207.316	494185.5129	6689206.927	-0.300910416	0.388630279	0.4915
494030.545	6690131.842	494029.8003	6690130.886	0.74471592	0.95607869	1.2118
495732.217	6690806.328	495733.0783	6690807.281	-0.861298198	-0.95274525	1.2843
493903.81	6690948.443	493903.9765	6690948.992	-0.166488595	-0.54859408	0.5733
495312.686	6690976.62	495312.708	6690976.915	-0.022043404	-0.29486836	0.2956
495419.558	6690527.886	495419.8055	6690528.338	-0.247517891	-0.45209733	0.5154
494496.577	6689966.509	494495.683	6689966.825	0.893986263	-0.315766141	0.9481
495807.528	6690140.595	495807.1034	6690140.397	0.424579998	0.198462999	0.4686
496750.802	6690717.78	496751.0791	6690718.075	-0.277103354	-0.29458881	0.4044
496595.663	6690080.802	496595.8212	6690080.96	-0.158176893	-0.15763618	0.2233
502700.072	6686829.688	502700.3931	6686829.858	-0.321122598	-0.17045243	0.3635
503208.43	6687060.627	503209.415	6687061.017	-0.985026776	-0.39012439	1.0594
502064.703	6686719.758	502064.6293	6686719.648	0.07368354	0.109830651	0.1322
502517.784	6686058.036	502517.9098	6686057.899	-0.125761669	0.13651543	0.1856
500192.491	6688974.27	500192.6285	6688974.559	-0.137541939	-0.28936325	0.3203
495136.13	6687970.594	495136.7578	6687970.734	-0.627824287	-0.140345871	0.6433
494824.168	6690117.552	494824.7587	6690117.894	-0.590711709	-0.342459559	0.6828
495499.12	6689993.694	495500.2739	6689992.909	-1.153937953	0.78512621	1.3957
			Somatório	1.37952E-08	1.29454E-07	21.043
			Média	3.94149E-10	3.69868E-09	0.6012
					Variância	0.1833
					Desvio Padrão	0.4282

Estes resultados também apresentam uma tendência para a nulidade, característica própria da distribuição Normal.

4.9 AVALIAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA

De posse dos valores dos resíduos, pode-se efetuar uma análise do tamanho da amostra com os dados reais deste trabalho e comparar com a definição do tamanho da amostra tomado a partir de parâmetros definidos em trabalhos similares.

O ANEXO VII apresenta as coordenadas referentes às duas regiões, central e periférica da cidade de Gravataí.

Tomando-se a média amostral de 0,848 m e desvio-padrão de 0,628m, construiu-se as tabelas 4.9, 4.10, e 4.11, referente ao tamanho da amostra.

Tabela 4.9 Tamanho da amostra para uma população de 1.000.000 de eventos.

Intervalo de confiança (Z)	Erro amostral							
	5%	6%	8%	10%	12%	13%	15%	20%
80% = 1,28	359.30	249.54	140.38	89.85	62.40	53.17	39.93	22.46
90% = 1,64	589.68	409.58	230.43	147.49	102.43	87.28	65.55	36.88
95% = 1,96	842.04	584.90	329.09	210.64	146.29	124.65	93.63	52.67
99% = 2,28	1139.10	791.32	445.27	285.02	197.95	168.67	126.70	71.27

Tabela 4.10 Tamanho da amostra para uma população de 500.000 eventos

Intervalo de confiança (Z)	Erro amostral 5%	Erros amostrais						
		0.060	0.080	0.100	0.120	0.130	0.150	0.200
80% = 1,28	359.167	249.476	140.361	89.840	62.392	53.164	39.933	22.463
90% = 1,64	589.337	409.409	230.375	147.465	102.415	87.268	65.551	36.874
95% = 1,96	841.335	584.561	328.984	210.600	146.269	124.637	93.622	52.667
99% = 2,28	1137.807	790.694	445.073	284.938	197.908	168.642	126.679	71.265

Tabela 4.11 Tamanho da amostra para uma população de 200.000 eventos

Intervalo de confiança (Z)	Erro amostral 5%	Erros amostrais						
		0.060	0.080	0.100	0.120	0.130	0.150	0.200
80% = 1,28	358.781	249.290	140.302	89.816	62.381	53.155	39.928	22.462
90% = 1,64	588.299	408.908	230.217	147.400	102.384	87.245	65.538	36.870
95% = 1,96	839.220	583.540	328.661	210.467	146.205	124.590	93.596	52.658
99% = 2,28	1133.940	788.825	444.481	284.696	197.791	168.557	126.632	71.250

O tamanho da amostra pode ser estimado em função do tamanho da área abrangida pelo mapa. O valor do tamanho da amostra se estabiliza rapidamente, independentemente do tamanho da população.

Neste capítulo, na seção 4.4, definiu-se a média amostral e o desvio padrão amostral utilizando resultados de FRANCISCO (2001), os quais são:

$$\mu = 0,613\text{m e}$$

$$\sigma = 0,393\text{ m}$$

com isto, chegou-se ao valor de tamanho da amostra de 101 eventos, com erro amostral de 8% e intervalo de confiança de 95%. Agora, com os valores definidos pela própria amostra (Anexo VII) obteve-se os seguintes valores para média amostral e desvio-padrão amostral:

$$\mu = 0,848\text{m}$$

$$\sigma = 0,628\text{m}$$

Na comparação destes valores de média e desvio-padrão nota-se que os valores utilizados a priori, apresentam resultados melhores que o resultado da amostra real, com base nos mapas de Gravataí.

Desta forma, para um tamanho de amostra de 101 eventos, intervalo de confiança de 95%, tem-se um erro amostral relativo de 14%.

Este erro relativo corresponde ao erro absoluto de 0,11 metro. Apesar de ser maior que o valor inicialmente definido para o erro relativo, este valor ainda é aceitável.

4.10 TESTE DE CARTA.

Neste momento, avalia-se se os resultados alcançados estão dentro da expectativa dos usuários da carta. O usuário tem como expectativa, ao usar o mapa digital, que as posições extraídas da representação tenham uma tolerância de 1,00m. Desta forma, sendo 1,00 m o erro máximo admitido como tolerância das posições planimétricas das coordenadas, o erro médio quadrático esperado é da ordem de 1/3m (0,33m). Conseqüentemente, precisa-se verificar se os valores alcançados neste trabalho atendem a expectativa dos usuários.

Um mapa possuirá boa qualidade geométrica quando as informações registradas nele forem precisas e exatas. A precisão apontará a qualidade com que os dados se agrupam em torno de uma média, e a exatidão apontará a proximidade das feições cartografadas em relação ao valor “real”.

A forma para examinar se os resultados estão dentro da expectativa do usuário, no tocante a precisão, é utilizando o teste Qui-quadrado, para verificar se a variância das diferenças das coordenadas corrigidas, quando comparadas com as de referência, possuem diferenças significativas ou não, com a variância da expectativa definida pelos usuários.

Sendo assim, se:

$$P \left(\chi^2_{1,0,025} < \frac{\sigma^2_{\text{pesq}}}{\sigma^2_{\text{usuário}}} < \chi^2_{1,0,975} \right) \quad (4.4)$$

Pode-se inferir que os resultados desta pesquisa apresentam uma qualidade geométrica dentro da expectativa do usuário.

Aplicado o teste, constata-se que:

$$P (0,001 < \frac{0,394}{0,111} < 5,02)$$

$$P (0,001 < 3,549 < 5,02)$$

Portanto, verificada a desigualdade pode-se inferir que Para um intervalo de confiança de 95%, erro amostral de 14%, tamanho da amostra de 105 pontos, o mapa digital urbano da cidade de Gravataí apresenta satisfatória precisão planimétrica, dentro da tolerância definida pelos usuários.

Na avaliação da exatidão planimétrica do mapa digital de Gravataí, adota-se o definido por SPIEGEL – 1978 (Testes especiais de significância para grandes amostras). Neste caso específico, utiliza-se o teste de hipótese ou de significância em relação a média:

$$Z = \frac{X - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \quad (4.5)$$

Onde:

Z = variável amostral

X = Média amostral

μ_0 = Média Populacional esperada

s = Desvio Padrão amostral

n = tamanho da amostra.

Para testes unilaterais, nível de significância de 5% o valor crítico para Z é de 1,645 (SPIEGEL – 1978).

Na avaliação da exatidão do mapa digital urbano do município de Gravataí, tem-se:

$$Z = 1,645$$

$$X = 0,8485\text{m}$$

$$\mu_0 = 1,00\text{m}$$

$$s = 0,6283\text{m}$$

$$n = 105$$

Na verificação da exatidão posicional planimétrica, faz-se um teste de hipótese onde se confronta a Hipótese:

$$H_0: \frac{X - \mu_0}{S/\sqrt{n}} < 1,645$$

$$H_1: \frac{X - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq 1,645m$$

Quando rejeita-se a hipótese H_0 , alternativamente aceita-se a Hipótese H_1 .

Aplicando a expressão 4.5, tem-se:

$$\frac{X - \mu_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{0,8485 - 1,00}{0,6283/\sqrt{105}} = \frac{-0,1515}{0,061} = -2,471m$$

Como $Z = -2,471 < Z_\alpha = 1,645$ aceita-se a hipótese H_0 ao nível de significância de 5%, ou seja, a média amostral é menor que 1,00 m, portanto abaixo do erro máximo.

Conclue-se que, para uma tolerância máxima de 1,0 metro, o mapa digital da região urbana de Gravataí, corrigido, apresenta precisão e exatidão compatível com as necessidades do usuário. Desta forma, pode-se afirmar que o mapa analisado apresenta qualidade posicional planimétrica para ser utilizado na gestão urbana, para uma necessidade posicional de 1,00 metro.

Pode-se ainda calcular a menor tolerância que o usuário poderá definir, e ainda ter o teste de hipótese H_0 aceito, através da fórmula:

$$Z_\alpha = \frac{X - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \quad (4.7)$$

$$\mu_0 = X - \frac{Z_\alpha S}{\sqrt{n}} \quad (4.8)$$

aplicando aos valores definidos, tem-se:

$$\mu_0 = 0,8485 - (1,645 \times 0,061) / \sqrt{105}$$

$\mu_0 = 0,75m$.

Ou seja, o mapa digital transformado, da região urbana de Gravataí, apresenta uma exatidão posicional planimétrica compatível com a exigência de até 0,75 m, definida pelo usuário.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou uma investigação na definição de padrões para avaliação da qualidade posicional planimétrica de cartas digitais para aplicações urbanas. Estas aplicações envolvem as atividades de gerenciamento urbano, contemplando aprovação de loteamentos, arruamentos e duplicação de vias, projetos de parques e praças, escolas e creches, dentre outras atividades.

Definiu-se as necessidades dos usuários municipais para esta finalidade, desenvolveram-se padrões para avaliação da exatidão posicional cartográfica, definiu-se o tamanho das amostras necessárias a uma perfeita avaliação de mapas urbanos e, por fim aplicou-se o padrão estabelecido na avaliação de um mapa urbano, especificamente o Mapa urbano do Município de Gravataí.

Da investigação desenvolvida, pode-se apresentar as seguintes considerações e conclusões:

5.1 CONSIDERAÇÕES REFERENTE ÀS HIPÓTESES APRESENTADAS.

O PEC, padrão de Exatidão cartográfica definido na legislação cartográfica, foi concebido para verificar a exatidão posicional de cartas analógicas, utilizando a escala da carta como parâmetro definidor dos valores de avaliação. Com o surgimento dos mapas digitais, a utilização da escala como definidora da qualidade geométrica perdeu o sentido, como apresentado no capítulo 2 deste trabalho. Sendo assim, pode-se concluir que:

- O PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica definido na legislação cartográfica é inadequado para a avaliação de cartas digitais, devendo ser utilizados outros padrões de avaliação da exatidão posicional.

A realidade dos municípios brasileiros e a prática adotada na elaboração de documentos cartográficos por empresas prestadoras de serviços cartográficos, aliados a carência de técnicos especializados em cartografia nas prefeituras, contribuiu para que os usuários não verifiquem a qualidade de suas cartas. Este fato é comprovado nos resultados da pesquisa desenvolvido neste trabalho e apresentada no capítulo referente aos resultados obtidos. Este fato é conhecido pelos profissionais que trabalham com cartografia, seja no âmbito municipal, seja no âmbito da cartografia sistemática.

Desta forma pode-se concluir que os usuários de cartografia, de que trata este projeto, não verificam a qualidade das cartas digitais utilizadas.

Na definição da qualidade dos documentos cartográficos, fica latente a preocupação dos usuários com o produto a ser recebido para solucionar uma demanda cartográfica. A qualidade cartográfica está sendo discutida no meio acadêmico, apesar de não estar sendo acompanhada pelos usuários na mesma proporção. Torna-se cada vez mais corrente nos meios cartográficos as expressões: exatidão posicional, exatidão de atributos, completitude, atualidade, consistência lógica, dentre outros. As aplicações de Sistema de Informações Geográficas exige que cada vez mais os documentos cartográficos sejam de melhor qualidade. A prática do Geoprocessamento trás consigo uma necessidade de cartas de qualidade, sendo no âmbito rural, geral, regional ou, no âmbito urbano, como neste trabalho. Desta forma pode-se concluir que:

As cartas digitais urbanas devem ser construídas de forma a atender os padrões de qualidade estabelecidos pelos usuários, pois estes é que irão absorver as informações registradas nestes documentos cartográficos.

5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS.

Partiu-se da premissa inicial de que os padrões de qualidades deveriam ser definidos pelos usuários dos mapas digitais urbanos. Sendo assim, definiu-se o erro posicional planimétrico máximo para avaliação da qualidade do mapa digital.

Os técnicos de planejamento e gerenciamento urbano entrevistados apresentaram os níveis de informações necessários, sendo: malha viária, calçadas, alinhamento predial e territorial, postes, arborização, praças, parques, construções principais, prédios públicos e religiosos e altimetria. O erro posicional planimétrico máximo, definido pelos entrevistados apresentou uma tendência ao valor de 1,00 metro. Exceção para o Município de Porto Alegre.

Sendo assim, pode-se concluir que:

- 1 O padrão de exatidão posicional definido para avaliação da qualidade das cartas, deve ser identificado pelos usuários, definindo o erro máximo aceitável para utilização do documento cartográfico.

- 2 Existe uma tendência a eleger o valor de 1,00 metro como erro máximo aceito para as atividades de gerenciamento urbano. Esta tendência deverá ser

confirmada em cada caso, haja visto que existe uma diferença de procedimentos cartográficos grandes, entre os municípios, como ocorreu nesta pesquisa com o Município de Porto Alegre.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA.

O tamanho da amostra sempre é um problema a ser solucionado na verificação da qualidade de um produto. A pergunta que se faz é: qual o menor tamanho de amostra que represente satisfatoriamente a população como um todo?

Na busca desta solução, partiu-se de algumas premissas importantes:

1 – O mapa digital não possui articulação de folhas, devendo ser analisado como um todo, como uma representação contínua;

2 - A população definida no mapa digital, é quantificada como o nº de feições cartografadas possíveis de serem identificadas inequivocamente e possíveis de serem medidas com método de campo e medidas cartográficas;

3 – O custo auferido para as atividades de verificação da qualidade geométrica das cartas digitais não deverá ser superior a 5% do valor total do mapeamento.

O modelo matemático utilizado na definição do tamanho da amostra utiliza como variáveis o tamanho da população, o intervalo de confiança da amostra, o erro amostral, a média amostral e o desvio padrão amostral.

Tendo em vista a aplicação do modelo matemático escolhido aos mapas digitais, pode-se concluir:

1- O tamanho da população a ser utilizado apresenta pouca influência na definição do tamanho da amostra, permitindo assim que o valor adotado para o tamanho da amostra seja utilizado a diversos tamanhos de regiões urbanas;

2- O intervalo de confiança e o erro amostra foram definidos em função da relação custo/benefício referente ao preço total do mapa a ser analisado. Definiu-se 95% (noventa e cinco por cento) como valor para o intervalo de confiança e 14% como valor do erro amostral relativo. Este valor parece ser adequado, haja vista que ele corresponde a um erro absoluto de 0,11m.

3 - A média amostral e o desvio padrão amostral poderão ser previamente arbitrados antes dos pontos amostrais serem medidos, com base em trabalhos similares

anteriormente executados ou, com base em uma amostra teste, medida para esta finalidade;

4 - Apesar do modelo matemático utilizado permitir que os valores calculados para o tamanho da amostra possam ser utilizados para mapas de qualquer tamanho, os valores apresentados neste trabalho deverão limitar-se a regiões urbanas contendo população inferior a um milhão de habitantes;

5 - Para este trabalho definiu-se o tamanho da amostra como sendo superior ou igual a 101 eventos (pontos teste), podendo ser utilizado para avaliação da qualidade posicional em diversas outras regiões urbanas de características aproximadas.

6 - Para municípios menores que 60.000 habitantes, (o tamanho da amostra deverá ser redimensionado para apresentar uma melhor relação custo do teste da carta) (custo do mapeamento) . Nestes casos, pode-se relaxar o erro amostral relativo ou o intervalo de confiança.

5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS TESTE.

Para que a amostra não apresente tendenciosidade, há necessidade de efetuar uma escolha dos pontos teste aleatoriamente. Nesta pesquisa privilegiou-se a localização dos pontos distribuídos nas regiões de maior concentração de informações cartografadas. Desta forma evitou-se a escolha homogênea.

Na verificação do mapa digital de Gravataí contendo a localização dos pontos teste, constata-se que o método de escolha aleatória privilegiando a densidade de informações cartografadas foi aplicado com sucesso. A maior concentração de pontos teste deu-se na região central, de maior densidade cartográfica.

Desta forma, pode-se concluir que para se ter uma real análise da qualidade dos mapas digitais há necessidade de que os pontos eleitos para teste sejam escolhidos aleatoriamente, privilegiando as regiões de maior probabilidade de ocorrência de erros de representação.

5.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESCOLHA DO MÉTODO DE LEVANTAMENTO DE CAMPO DOS PONTOS TESTE.

Um vez definidas as localizações dos pontos testes, identificada a tolerância máxima que o mapa deverá ter, deve-se definir o método de medição destas coordenadas em campo.

O método de levantamento eleito deverá possuir características próprias que privilegiem:

1. -O ambiente urbano, com prédios, árvores, trânsito, carros, população em movimento, e outros;
2. Preciso e exato, com precisão melhor que 3 vezes a tolerância definida pelo usuário.
3. Rapidez e facilidade, devendo ser um método que apresente uma praticidade, nas medições.
4. Reduzido custo, tornando possível sua utilização sem onerar demasiadamente os cofres do município;
5. Possibilidade técnica de utilização, haja visto que as diferenças regionais apresentadas no Brasil exigem que o método adotado possa ser utilizado nas condições mais adversas.

Diante do exposto, pode-se concluir que o método que reúne o maior número de características para ser aplicado a avaliação da qualidade geométrica planimétrica é o posicionamento pelo NAVSTAR-GPS.

5.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEFINIÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DO MAPA DIGITAL.

A qualidade geométrica dos mapas digitais deve ser testada através da verificação e comparação das informações cartografadas com a realidade no campo, obtida através de medições precisas.

A avaliação estatística deverá ser feita através de testes especiais de significância para grandes amostras, no caso específico amostras com mais de 30 eventos. Neste caso, as diferenças possuem distribuição normal ou, aproximadamente normal, seguindo a teoria do Limite Central aplicada a média das diferenças.

Para a aplicação destas teorias, há necessidade de se ter uma amostra cujos resíduos tenham somente erros aleatórios, sendo eliminados os erros grosseiros e sistemáticos.

Os testes estatísticos a serem feitos deverão garantir a avaliação da qualidade posicional, tanto na precisão dos dados quanto na exatidão, em relação à posição ideal. Neste aspecto pode-se concluir:

1. Para aplicar a estatística da distribuição normal, há necessidade de eliminar dos resultados da amostra, os erros grosseiros e os erros sistemáticos;

2. Os erros sistemáticos poderão ser modelados através do princípio do ajustamento de observações, utilizando modelos conformes, para não alterar a geometria relativa do mapa.

3. Os testes estatísticos deverão avaliar a exatidão posicional através da avaliação da média amostral em comparação com a média populacional esperada, e avaliar a precisão dos resultados, através de teste estatístico de avaliação da variância da amostra, em relação com a variância esperada da população, obtida da tolerância.

4. A média populacional esperada e a variância populacional esperada devem ser identificadas diretamente das necessidades dos usuários, através da tolerância máxima aceitável para trabalhos desenvolvidos pelos próprios.

5.7 CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO AO MAPA DIGITAL URBANO DE GRAVATAÍ.

O mapa digital da região urbana de Gravataí, foi concebido em duas épocas distintas, com fotografias aéreas obtidas em 1993 e 1995. Apesar de ter sido executado pela mesma empresa os produtos apresentavam descontinuidade nas junções entre os dois blocos de cartas. Esta descontinuidade chegava, em alguns casos a terem diferenças da ordem de 10 metros. Estes valores foram exaustivamente analisados e comparados com as coordenadas obtidas pelo rastreo GPS. Diversas transformações de sistemas, tratamentos estatísticos e testes de hipóteses foram executadas, podendo chegar as seguintes conclusões:

- 1.A região central do mapa urbano de Gravataí apresenta um deslocamento geral da ordem de 10 metros, Na direção nordeste.

- 2.A região periférica do mapa urbano de Gravataí apresenta um deslocamento geral, da ordem de 2,0 metros.

3. Na comparação com os pontos teste medidos através de rastreamento GPS, a região central do mapa é rejeitada, quanto a exatidão posicional, haja vista o deslocamento de todo o mapa. Quanto a precisão desta região, em comparação com a expectativa dos usuários, esta parte do mapa é aceita ao teste de hipótese, com nível de significância de 5%.

4. Após a eliminação dos erros grosseiros e sistemáticos dos componentes do mapa digital, e analisado o mapa como um documento cartográfico única, frente às necessidades dos usuários, o mapa foi aceito através da avaliação da exatidão posicional, ao nível de aceitação de 5%.

5. No teste de hipótese para avaliação da precisão, o mapa é aceito, ao nível de significância de 5%.

5.8 – RECOMENDAÇÕES.

As atividades de verificação da qualidade de um produto cartográfico digital envolvem diversas etapas, sendo: avaliação da qualidade geométrica, de atributos, consistência lógica, completude e atualidade. Um trabalho que contemple o estudo desta verificação apresenta uma abrangência e complexidade suficiente para diversos estudos e projetos.

Neste trabalho, desenvolveu-se um estudo contemplando a exatidão posicional planimétrica. Há necessidade de continuar este estudo para a exatidão altimétrica, assim como os outros critérios de qualidade cartográfica.

As necessidades cartográficas dos usuários para gerenciamento urbano identificadas neste trabalho contemplaram somente uma parcela das atividades. Necessita-se ainda definir as necessidades cartográficas para construção, gerenciamento e manutenção, de redes de água, esgoto e energia elétrica.

Devido a abrangência do tema abordado e a impossibilidade deste trabalho esgotar todas as questões utilizadas na verificação da qualidade de um mapa digital, é intenção deste autor continuar desenvolvendo trabalhos nesta área, complementando estes estudos, especificamente:

1. Identificação de um tamanho de amostras que apresente uma razoável relação (custo da verificação da qualidade / custo final do mapa), para municípios pequenos (menores que 60.000 habitantes);

2. Definição de critérios par aplicação do PEC-D (Padrão de Exatidão Cartográfica para mapas digitais), aos municípios grandes, com população acima de 1.000.000 habitantes;

3. Definição de Padrões de Exatidão Cartográfica altimétrica;

4. Definição de padrões de avaliação da completitude de um mapa digital ;
e por fim,

5. Definição de Padrões para atualização cartográfica.

Nota-se que estes assuntos apresentam elevados graus de complexidade, e deverão ser estudados por grupos de pesquisadores, que trabalham com as ciências cartográficas, que se preocupam com os usuários e com a qualidade dos produtos cartográficos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- ARONOFF, S.** The Map Accuracy Report: A User's View. – Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1982 Calgary, Alberta T3A 2G6 – Canada.
- ARONOFF, S.** *Geographic information systems - A management perspective.* Ottawa : WDL Publications, 1991. 294 p.
- BAHR, Peter. VOGTLE, Thomas.** Gis for Environmental Monitoring. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung – Stuttgart – 1999. Pg 77 – 83. 292 p.
- BARBETTA, Pedro Alberto.** Estatística aplicada às ciências sociais. Editora da UFSC. Florianópolis – SC. 2001.
- BRANDÃO, Arthur Caldas. ROCHA, Ronaldo S. PAULINO, Luiz Antônio.** Novos paradigmas da cartografia. XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre – RS. outubro de 2001.
- BRASIL,** Decreto 89917 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n120, 22 de junho de 1984.
- BUENO, Francisco da Silveira.** Minidicionário da Língua portuguesa. Editora FTD, São Paulo, 1996. Pag 542.
- BURITY, E. F.** *A carta cadastral urbana - Seleção de dados a partir da análise das necessidades dos usuários.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Cartográfica. Rio de Janeiro, 1999. IME (Instituto Militar de Engenharia).
- DAOSHENG, Du.** Introduction to data quality standard for digital topographic map product. XVII international conference of cartographic. I.C.A. Barcelona – Espanha, setembro – 1995.
- DMAE,** Departamento Municipal de Água e Esgoto. Diretrizes para projetos e execução de sistemas públicos de esgoto sanitário. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. – Porto Alegre – 1997.
- DMAE,** Departamento Municipal de Água e Esgoto. Manual de cadastramento de redes de distribuição de água. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. – Porto Alegre – 1997.
- DMAE,** Departamento Municipal de Água e Esgoto. Manual de cadastramento de redes de Esgoto. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. – Porto Alegre – 1997.

- DMAE**, Departamento Municipal de Água e Esgoto. Caderno de Encargos do Município de Porto Alegre. Redes de Água e Esgoto Cloacal. Prefeitura Municipal de Porto Alegre – Novembro de 1996 .
- DMAE**, Departamento Municipal de Água e Esgoto. <http://www.portoalegre.rs.gov.br> acessada em 19 de novembro de 2000.
- FIG** – Federação Internacional dos Geômetras. Declaração sobre o cadastro. <http://geodesia.ufsc.br/Gutenberg/fig/Statement/Estatuto.html> acessado em 12/09/2000.
- FRANCISCO**, Humberto Rodrigues. Qualidade de dados espaço-temporal: Estudo de caso no contexto da acurácia posicional e atualização. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em ciências Cartográficas – UNESP – Presidente Prudente – 2001.
- GEMAEL**, Camil. Introdução ao ajustamento de observações. Editora UFPR. Curitiba – PR 1994.
- JURAN**, J.M. **GRYNA**, Frank M. Controle de qualidade. Handbook. conceitos, políticas e filosofia da qualidade. McGraw-Hill, São Paulo – 1991.
- KAZMIER**, Leonard J. Estatística aplicada a economia e administração. Schaum – McGraw-Hill – São Paulo – 1982.
- LARROUSE CULTURAL**. Nova Enciclopédia . Volume 20 pag. 4850. Nova cultura LTDA. São Paulo – 1999.
- LEAL**, E. M. *Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD*. Curitiba -. Dissertação de Mestrado em Ciências Geodésicas, UFPR, 1998.
- LUGNANI**, João Bosco. Introdução à Fototriangulação. Editora da UFPR – Curitiba – PR. 1987.
- MINESOTA PLANNING**. Positional Accuracy Handbook. Land Management information Center. Room 300 658 Cedar St. St. Paul, MN 55155 – October 1999. Minesota – USA.
- MIRSHAWKA**, Victor. Probabilidade e estatística para engenharia. Editora Nobel. São Paulo – SP. 1981.
- MONICO**, João Francisco Galera. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS. Descrição, fundamentos e aplicações. Fundação da UNESP . Praça da Sé, 108 – São Paulo – SP, 2000.

- MONTGOMERY, G. E. ; SCHUCH, H. C.** *GIS data conversion. Handbook.* Colorado : GIS World Books. 1993. 291 p.
- ORNSTEIN, Sheila.** Avaliação pós-ocupação do ambiente construído. Studio Nobel editora ed-usp. 1992.
- ORTH, Dora Maria.** Notas de aula. Gestão urbana. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – UFSC, Florianópolis – 2001.
- PALADINI, Edson Pacheco.** CONTROLE DE QUALIDADE, uma abordagem abrangente. São Paulo: Atlas, 1990.
- PAULINO, Luis Antônio.** CONSTRUÇÃO DO MAPA BASE PARA SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS. Uma proposta baseada no levantamento das necessidades de usuários de informações cartográficas sediados em Florianópolis, SC. Florianópolis, 2000. 141p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PEREIRA, Rivadávia.** A estatística e suas aplicações. Editora Grafosul. Porto Alegre – RS 1978.
- PHILIPS, Jurgen, W.** Entrevista livre em 08 de agosto de 2001.
- PHILIPS, Jurgen W.** Entrevista pessoal. Florianópolis, 07 de novembro de 2000.
- PRAZERES, Paulo Mundin.** Dicionário de termos da qualidade. Editora Atlas – 1993.
- ROCHA, Ronaldo dos Santos da.** Atualização cartográfica no Município de Farroupilha – RS. Projeto de Pesquisa. Instituto de Geociências – UFRGS 1996 – Porto Alegre – RS.
- ROVEDA, Luis Carlos.** Piccoli, Antonio Pasquetti. Bottini, Sergio G. A cartografia no Município de Porto Alegre. Revista Brasileira de Cartografia nº 39 – Janeiro de 1986. Rio de Janeiro – RJ
- SPIEGEL, Murray R.** Estatística. Coleção Schaum – Editora McGraw-Hill da Brasil – São Paulo – 1976.
- SPIEGEL, Murray R.** Probabilidade e Estatística. Coleção Schaum – Editora McGraw-Hill da Brasil – São Paulo – 1978.
- TEIXEIRA, Amândio Luis de Almeida.** **CHRISTOFOLETTI, Antônio.** Sistema de Informações Geográficas. Dicionário Ilustrado. Editora Hucitec – São Paulo – 1997.

U.S.G.S.-U.S.Geological Survey.

<http://mac.usgs.gov/mac/isb/pubs/factsheets/fs17199.html>. - acessado em 03/01/2002

Consulta à internet

http://www.hamburg.de/Behoerden/Vermessungsamt/digitale_kartendaten_dk5.htm

acessado em 08 de agosto de 2001.

ANEXOS

Anexo I.

Lista dos especialistas e profissionais de gestão urbana que fizeram parte da análise das necessidades dos usuários.

- 1 – Dora Maria Orth – Profa. Doutora - UFSC
- 2 – Nirce Safer Medvedowski – Profa. Doutora – UFPEL.
- 3 - Matheus Coswig - Arquiteto e Urbanista – Prefeitura Municipal de Pelotas – RS
- 4 - Josiane da Silva Almeida - Arquiteta e Urbanista – Prefeitura Municipal de Pelotas – RS
- 5 – Denise Legendre L. Bertiol – Administradora – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- 6 – Cláudio Ourique Coordenador de cadastro de Redes – DMAE – PMPOA
- 8 – Marcelo Nascimento Geógrafo – Prefeitura Municipal de Florianópolis.
- 9 - Salette Eng. Agrimensora – Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC
- 10 – Sérgio Cardoso Geólogo Prefeitura Municipal de Gravataí
- 11 - Liajara Arquiteta e Urbanista Prefeitura Municipal de Gravataí
- 12 – Cleiracir Arquiteta e Urbanista – Prefeitura Municipal de Gravataí
- 13 – Paulo Engenheiro Civil – Prefeitura Municipal de Gravataí
- 14 – Suzete Maria Michalski Peres Engenheira Civil – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- 15 – York Gay Pinto Engenheiro Civil – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- 16 – Antônio Pasquetti Piccoli Engenheiro Civil – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- 17 – João Topógrafo – Prefeitura Municipal de Gravataí.

Anexo II

NORMAS CARTOGRÁFICAS

NORMAS TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA NACIONAL

DECRETO Nº 89.817 DE 20 DE JUNHO DE 1984

Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o artigo 81, item III, da Constituição e tendo em vista o disposto no artigo 2º, nos incisos 4 e 5 do artigo 5º e no artigo 18 do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967,

DECRETA: Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional

CAPÍTULO I

Disposições Iniciais

Art.1º

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, sob a denominação de Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Art.2º

As Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional se destinam a estabelecer procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de normas da Cartografia Nacional, bem como padrões mínimos a serem adotados no desenvolvimento das atividades cartográficas.

Art.3º

As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas, obedecidas as presentes Instruções, apresentarão suas normas à Comissão de Cartografia - COCAR para homologação e inclusão na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

Art.4º

As normas cartográficas, legalmente em vigor nesta data, serão homologadas como Normas Cartográficas Brasileiras, após apresentação à COCAR e devido registro.

Art.5º

Para efeito destas Instruções, define-se:

I-

Em caráter geral:

1.

Serviço Cartográfico ou de Natureza Cartográfica - é toda operação de representação da superfície terrestre ou parte dela, através de IMAGES, cartas, plantas e outras formas de expressão afins, tais como definidas no art.6º do DL 243/67 e seus parágrafos.

2.

Atividade Correlata - toda ação, operação ou trabalho destinado a apoiar ou implementar um serviço cartográfico ou de natureza cartográfica, tal como mencionada no parágrafo único do art.2º do Decreto-Lei número 243167.

II-

Quanto à finalidade:

1.

Norma Cartográfica Brasileira - NCB-xx - denominação genérica atribuída a todo e qualquer documento normativo, homologado pela COCAR, integrando a Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

2.

Norma Técnica para Cartas Gerais - NCB-Gx - documento normativo elaborado pelos órgãos previstos nos incisos 1 e 2 do 51º do artigo 15 do Decreto-Lei nº 243/67.

3.

Norma Técnica para Cartas Náuticas - NCB-NM - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Marinha, na forma do art.15 do DL 243/67.

4. Norma Técnica para Cartas Aeronáuticas - NCB-AV - documento normativo elaborado pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica na forma do art.15 do DL 243/67.
5. Norma Técnica para Cartas Temáticas - NCB-Tx - documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme com petência atribuída pelo art.15 do DL 243/67.
6. Norma Técnica para Cartas Especiais - NCB-Ex - documento normativo elaborado pelo órgão público federal interessado, conforme competência atribuída pelo art.15 do DL 243/67.
7. Norma Cartográfica Geral - NCB-Cx - documento normativo de caráter geral, não incluído na competência prevista no art.15 do DL 243/6 elaborado pela Comissão de Cartografia ou por integrante do Sistema Cartográfico Nacional, aprovado e homologado pela COCAR.
8. Prática Recomendada pela COCAR - PRC-XX - especificação, procedimento ou trabalho decorrente de pesquisa, sem força de norma porém considerado e homologado pela COCAR como útil e recomendável contendo citação obrigatória da autoria, incluída na Coletânea Brasileira de Normas Cartográficas.

III-

Quanto à natureza:

1. Norma Cartográfica de Padronização - documento normativo destinado ao estabelecimento de condições a serem satisfeitas, uniformizando as características físicas, geométricas e geográficas dos componentes, parâmetros e documentos cartográficos.
2. Norma Cartográfica de Classificação - documento normativo destinado a designar, ordenar, distribuir ou subdividir conceitos ou objetos.
3. Norma Cartográfica de Terminologia - documento normativo destinado a definir, relacionar ou conceituar termos e expressões técnicas, visando o estabelecimento de uma linguagem uniforme.
4. Norma Cartográfica de Simbologia - documento normativo destinado a estabelecer símbolos e abreviaturas, para a representação gráfica de acidentes naturais e artificiais.
5. Norma Cartográfica de Especificação - documento normativo destinado a estabelecer condições exigíveis para execução, aceitação ou recebimento de trabalhos cartográficos, observados os padrões de precisão exigidos.
6. Norma Cartográfica de Procedimento - documento normativo destinado a estabelecer condições:
 - a) para execução de projetos, serviços e cálculos;
 - b) para emprego de instrumental, material e produtos decorrentes;
 - c) para elaboração de documentos cartográficos;
 - d) para segurança no uso de instrumental, instalações e execução de projetos e serviços.
7. Norma Cartográfica de Método de Ensaio ou Teste - documento normativo destinado a prescrever a maneira de verificar ou determinar características, condições ou requisitos exigidos de:
 - a) material ou produto, segundo sua especificação;
 - b) serviço cartográfico, obra, instalação, segundo o respectivo projeto;

c) método ou área de teste ou padronização, segundo suas finalidades e especificação.

8. Norma Geral - é a que, por sua natureza, abrange mais de um dos tipos anteriores.

Art.6º

As Normas Cartográficas que não se enquadrem nas disposições do art.15 do DL 243/67, serão estabelecidas pela Comissão de Cartografia - COCAR, por proposta apresentada em Plenário ou através da Secretaria-Executiva da COCAR.

Art.7º

As cartas em escalas superiores a 1/25.000 terão articulação, formato e sistema de projeção reguidos por norma própria, nos termos do art.15 do DL 243/67.

Parágrafo

Único

Tratando-se de grandes áreas ou extensas regiões, as cartas de que trata o presente artigo terão tratamento sistemático, observadas as normas a respeito.

CAPÍTULO

II

Especificações Gerais

Seção 1 Classificação de uma Carta Quanto a Exatidão

Art.8º

As cartas quanto à sua exatidão devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica - PEC, segundo 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.

Seção 2 Classes de Cartas

Art.9º

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios seguintes:

a-

Classe A

1.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.

Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

b-
Classe B

1.
Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.
Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de dois quintos o Erro-Padrão correspondente.

c-
Classe C

1.
Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

2.
Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas-de-nível, sendo de metade desta equidistância o Erro-Padrão correspondente.

Art.10

É obrigatória a indicação da Classe no rodapé da folha, ficando o produtor responsável pela fidelidade da classificação.

Parágrafo
único

Os documentos cartográficos, não enquadrados nas classes especificadas no artigo anterior, devem conter no rodapé da folha a indicação obrigatória do Erro-Padrão verificado no processo de elaboração.

Art.11

Nenhuma folha de carta será produzida a partir da ampliação de qualquer documento cartográfico.

§1º

Excepcionalmente, quando isso se tornar absolutamente necessário, tal fato deverá constar explicitamente em cláusula contratual no termo de compromisso,

§2º

Uma carta nas condições deste artigo será sempre classificada com exatidão inferior à do original, devendo constar obrigatoriamente no rodapé a indicação "Carta ampliada a partir de (... documento cartográfico) em escala (... tal)".

§3º

Não terá validade legal para fins de regularização fundiária ou de propriedade imóvel, a carta de que trata o "caput" do presente artigo.

CAPITULO

III

Elementos Obrigatórios de uma Carta

Art.12

A folha de uma carta deve ser identificada pelo índice de nomenclatura e número do mapa-índice da série respectiva, bem como por um título correspondente ao topônimo representativo do acidente geográfico mais importante da área.

Art.13

Cada carta deve apresentar, no rodapé ou campos marginais, uma legenda com símbolos e convenções cartográficas, de acordo com a norma respectiva.

Parágrafo

Único

O rodapé e campos marginais devem conter as informações prescritas nas normas relativas à carta em questão, apresentando, no mínimo, os elementos prescritos nestas Instruções.

Art.14

A escala numérica, bem como a escala gráfica da carta, devem ser apresentadas sempre acompanhadas de indicação da equidistância entre as curvas-de-nível e escala de declividade, de acordo com a norma respectiva.

Art.15

Os referenciais planimétrico e altimétrico do sistema de projeção utilizado devem ser citados, bem como as suas constantes, a convergência meridiana, a declinação magnética para o ano de edição e sua variação anual, de acordo com a norma respectiva.

Art.16

O relevo deve ser apresentado por curvas-de-nível, ou hachuras, ou pontos-cotados, ou em curvas-de-nível com pontos-cotados, segundo as normas relativas à carta em questão, admitindo-se, quando for o caso o relevo sombreado como elemento subsidiário.

Art.17

A quadriculação quilométrica ou sexagesimal, ou ambas, devem ser usadas, com apresentação das coordenadas geodésicas dos quatro cantos da folha, de acordo com a norma respectiva.

Art.18

O esquema de articulação das folhas adjacentes, bem como um diagrama da situação da folha no Estado, na região ou no país, devem ser usados conforme a escala e de acordo com a norma respectiva.

Art.19

É obrigatória a citação do ano de edição, bem como das datas de tomada de fotografias, trabalhos de campo e restituição, ou compilação, citando-se os órgãos executores das diversas fases.

Parágrafo**único**

Nas cartas produzidas por compilação é obrigatória a citação da fonte e do órgão produtor dos documentos de natureza cartográfica, utilizados em sua elaboração.

Art.20

Nas unidades de medida, deve ser adotado o Sistema Internacional de Unidades - SI, nos termos da Legislação Metrológica Brasileira.

Parágrafo**Unico**

Em casos especiais e para atender compromissos internacionais, admite-se o uso de unidades de medida estrangeiras, devendo constar, neste caso, a unidade usada, em lugar bem visível e destacado na carta.

CAPÍTULO**IV****Do Sistema Geodésico Brasileiro****Art.21**

Os referenciais planimétrico e altimétrico para a Cartografia Brasileira são aqueles que definem o Sistema Geodésico Brasileiro, conforme estabelecido nas "Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos - IBGE - 1983".

§1º

Segundo aquelas normas, o referencial planimétrico coincide com o Sistema Geodésico Sul-americano de 1969 (SAD-69).

§2º

O referencial altimétrico coincide com o nível médio do mar na baía de Imbituba, no litoral de Santa Catarina.

Art.22

A título precário, admite-se documentação cartográfica à base do antigo Sistema Geodésico Corrego Alegre.

CAPITULO**V****Especificações Gerais das Normas Cartográficas Brasileiras****Art.23**

As entidades responsáveis pelo estabelecimento de normas cartográficas obedecerão, em sua apresentação, ao prescrito nestas Instruções Reguladoras.

**Parágrafo
único**

As entidades que, em virtude de acordo internacional ou norma interna específica, devam usar forma e estilo próprios, poderão fazê-lo, obedecida a conceituação prevista nestas Instruções.

Art.24

Uma Norma Cartográfica Brasileira será constituída de Identificação, elementos preliminares, texto e informações complementares.

Art.25

A identificação deve abranger: título e tipo, conforme definido no art.5º; identificação da instituição que elabora a norma; ano de publicação, classificação e numeração.

Art.26

O título deve ser tão conciso quanto o permitam a clareza e distinção, observadas as diretrizes da Comissão de Cartografia - COCAR, estabelecidas através de Resolução.

Art.27

O texto deve conter as prescrições da norma, apresentando-se subdividido em capítulos, seções e eventualmente alíneas e sub-alíneas, e incluindo, quando necessário, figuras, tabelas, notas e anexos.

**Parágrafo
único**

A Comissão de Cartografia - COCAR regulará, através de Resolução, a estrutura do texto das Normas Cartográficas Brasileiras, bem como sua capitulação e apresentação gráfica.

Art.28

A redação de normas tem estilo próprio, lingüisticamente correto, sem preocupações literárias e tanto quanto possível uniforme. A qualidade essencial é a clareza do texto, para evitar interpretações ambíguas.

Art.29

As unidades e a grafia de números e símbolos a serem utilizadas nas normas serão as previstas na Legislação Metrológica Brasileira.

**Parágrafo
único**

As normas que, em virtude de acordo internacional, devam usar unidades estranhas à Legislação Metrológica Brasileira deverão fazê-las acompanhar, entre parenteses, das unidades legais brasileiras equivalentes.

CAPITULO

VI

Disposições Finais

Art.30

O Sistema Cartográfico Nacional deverá adaptar-se, no prazo de um ano, aos padrões estabelecidos neste Decreto.

Art.31

No prazo de um ano, a contar da publicação do presente Decreto, as entidades responsáveis pela elaboração de normas cartográficas deverão remetê-las à Comissão de Cartografia - COCAR.

**Parágrafo
único**

O prazo de que trata este artigo poderá ser prorrogado, mediante resolução da COCAR, para atender pedido fundamentado de entidade interessada.

Art.32

Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 20 de junho de 1984; 163º da Independência e 96º da República.

JOAO FIGUEIREDO
Publicada no D.O.U. de 22-06-84.

e DELFIM

NETTO

ANEXO III

Lista de coordenadas e suas respectivas diferenças entre os pontos de campo e os pontos de carta, para a área central

Nome	Norte GPS	Este GPS	Norte Mapa	Este Mapa	Dif. Norte	Dif. Este	Distância
c1001	6687144.261	500945.262	6687137.758	500946.573	6.503	-1.311	6.634
p002	6688522.586	500675.490	6688515.146	500676.658	7.440	-1.168	7.531
P00A	6687449.689	500775.004	6687441.842	500777.985	7.847	-2.981	8.394
P023	6687632.549	499929.265	6687624.294	499931.428	8.255	-2.163	8.534
P034	6687530.297	499853.026	6687522.496	499850.501	7.801	2.525	8.199
P035	6687489.719	499948.609	6687484.730	499949.129	4.989	-0.520	5.016
P036	6688554.979	499515.908	6688547.201	499517.468	7.778	-1.560	7.933
p061a	6688676.633	497488.411	6688668.769	497490.176	7.864	-1.765	8.060
P062	6686792.967	499949.971	6686783.688	499951.011	9.279	-1.040	9.337
P063	6687718.080	500183.897	6687711.021	500187.223	7.059	-3.326	7.803
P072	6687776.424	500695.250	6687769.893	500696.351	6.531	-1.101	6.623
P079a	6687976.364	498444.153	6687970.673	498444.732	5.691	-0.579	5.720
p080	6687833.950	499084.414	6687826.210	499085.768	7.740	-1.354	7.858
P082	6687802.318	500753.705	6687791.783	500756.555	10.535	-2.850	10.914
P090	6688396.029	499264.160	6688388.795	499265.667	7.234	-1.507	7.389
P091	6688484.813	499217.728	6688477.567	499218.811	7.246	-1.083	7.326
P092	6688907.724	499870.588	6688900.569	499871.689	7.155	-1.101	7.239
P096	6688529.497	499710.965	6688520.831	499712.655	8.666	-1.690	8.829
p098	6687845.948	499605.813	6687836.527	499606.643	9.421	-0.830	9.457
p099	6688017.079	499111.869	6688009.823	499112.287	7.256	-0.418	7.268
p100	6688083.940	499031.710	6688077.517	499033.230	6.423	-1.520	6.600
p101	6688620.221	499194.205	6688612.026	499195.451	8.195	-1.246	8.289
p1010	6688083.970	499031.849	6688077.517	499033.230	6.453	-1.381	6.599
p102	6688381.215	499054.067	6688373.919	499054.898	7.296	-0.831	7.343
P103	6688774.884	499418.420	6688766.852	499419.961	8.032	-1.541	8.178
P104	6688845.044	499492.464	6688839.975	499495.577	5.069	-3.113	5.949
P105	6688672.321	499306.850	6688665.066	499307.853	7.255	-1.003	7.324
p106	6688505.990	499090.625	6688498.471	499092.291	7.519	-1.666	7.701
P107	6688641.830	499165.743	6688635.515	499163.074	6.315	2.669	6.856
p108	6688334.774	500928.863	6688328.255	500930.535	6.519	-1.672	6.730
p110	6688365.279	499913.921	6688358.944	499915.217	6.335	-1.296	6.466
P111	6688413.448	499640.128	6688404.489	499643.997	8.959	-3.869	9.759
p112	6688210.786	500066.452	6688204.120	500065.510	6.666	0.942	6.732
p113	6687985.213	499527.757	6687976.768	499524.489	8.445	3.268	9.055
p114	6688401.322	500142.330	6688393.967	500143.607	7.355	-1.277	7.465
P115	6688426.061	499640.559	6688419.170	499642.900	6.891	-2.341	7.278
P116	6688267.399	499576.898	6688259.400	499579.090	7.999	-2.192	8.294
P118	6688450.223	499867.979	6688443.604	499869.566	6.619	-1.587	6.807
P119	6688716.942	499931.675	6688709.741	499933.433	7.201	-1.758	7.412
p120	6688164.660	500788.034	6688157.844	500789.395	6.816	-1.361	6.951
P121	6688695.973	500346.367	6688688.631	500347.064	7.342	-0.697	7.375
P122	6688596.246	500505.722	6688588.948	500507.151	7.298	-1.429	7.437
p123a	6688252.168	500557.272	6688245.516	500559.143	6.652	-1.871	6.910
p124	6688490.278	498076.013	6688482.801	498076.808	7.477	-0.795	7.519

p124b	6688908.756	500819.326	6688901.426	500820.361	7.330	-1.035	7.403
P125	6687948.421	499907.578	6687940.775	499909.603	7.646	-2.025	7.910
p125b	6688421.970	500593.026	6688414.868	500595.348	7.102	-2.322	7.472
P126	6688613.715	500050.520	6688607.320	500051.410	6.395	-0.890	6.457
P127	6688042.114	500614.251	6688035.278	500615.460	6.836	-1.209	6.942
p127a	6688043.355	500615.773	6688035.278	500615.460	8.077	0.313	8.083
P128	6688570.741	499874.061	6688563.370	499875.618	7.371	-1.557	7.534
p129	6688599.975	500856.739	6688591.684	500858.584	8.291	-1.845	8.494
p130	6688503.729	500564.583	6688495.925	500566.015	7.804	-1.432	7.934
P131	6688769.336	500701.934	6688761.738	500703.556	7.598	-1.622	7.769
p132	6688772.373	500277.900	6688764.756	500279.635	7.617	-1.735	7.812
P133	6688314.625	500186.375	6688308.142	500186.681	6.483	-0.306	6.490
P134	6688271.944	500106.985	6688265.780	500106.380	6.164	0.605	6.194
p138	6688741.639	500187.808	6688734.150	500189.220	7.489	-1.412	7.621
P139	6688836.295	500053.378	6688829.508	500055.477	6.787	-2.099	7.104
p140	6688842.787	495928.415	6688834.244	495930.519	8.543	-2.104	8.798
p141	6688354.074	495753.198	6688346.578	495754.621	7.496	-1.423	7.630
p147b	6687795.928	498298.981	6687787.847	498300.713	8.081	-1.732	8.265
p149b	6688453.893	498564.124	6688447.238	498565.762	6.655	-1.638	6.854
p150	6688942.175	498202.520	6688935.746	498205.160	6.429	-2.640	6.950
p151	6688769.985	498541.549	6688760.377	498538.775	9.608	2.774	10.000
p152a	6688061.024	498214.955	6688054.027	498217.931	6.997	-2.976	7.604
p153a	6688143.788	498365.394	6688137.183	498366.732	6.605	-1.338	6.739
p156	6687453.778	500942.833	6687446.404	500945.154	7.374	-2.321	7.731
P157	6687386.708	500604.913	6687379.406	500606.325	7.302	-1.412	7.437
p158b	6688889.556	497823.922	6688881.049	497826.060	8.507	-2.138	8.772
P180	6687746.647	500217.787	6687739.245	500220.526	7.402	-2.739	7.893
p1901	6688049.846	495561.832	6688041.686	495564.834	8.160	-3.002	8.695
p1904	6687912.544	496253.196	6687905.082	496252.837	7.462	0.359	7.471
p1906	6688581.233	495735.657	6688574.163	495737.238	7.070	-1.581	7.245
				Somatório	546.102	-95.871	562.395
				Média	7.37975676	-1.295554	7.600

ANEXO IV

Listagem contendo as diferenças entre as coordenadas de campo e as coordenadas de carta, para a periférica de Gravataí.

Nome	Norte GPS	Este GPS	Norte Mapa	Este Mapa	Dif. Norte	Dif. Este	Final
a1001	6687141.520	501640.201	6687139.650	501638.810	1.870	1.391	2.33062
b0901	6686905.679	502205.539	6686903.910	502204.738	1.769	0.801	1.94190
b1001	6687206.368	501164.531	6687205.326	501162.939	1.042	1.592	1.90269
c0901	6686814.007	502448.416	6686812.689	502447.433	1.318	0.983	1.64421
d0901	6687304.434	502484.743	6687302.590	502483.997	1.844	0.746	1.98918
d1001	6687398.874	501191.402	6687397.264	501190.700	1.610	0.702	1.75639
e1001	6687642.356	501308.146	6687640.546	501307.571	1.810	0.575	1.89914
f0901	6687637.397	502313.687	6687635.743	502311.540	1.654	2.147	2.71023
f1001	6688035.687	501130.653	6688034.064	501130.256	1.623	0.397	1.67085
g0901	6687300.887	502842.812	6687298.145	502842.489	2.742	0.323	2.76096
h0901	6687623.692	503039.589	6687621.807	503037.096	1.885	2.493	3.12542
P002a	6690454.145	493682.783	6690452.213	493682.225	1.932	0.558	2.01097
p003a	6690468.928	494038.311	6690466.987	494037.754	1.941	0.557	2.01934
p004	6690143.501	493675.395	6690140.569	493674.657	2.932	0.738	3.02345
p005	6689712.454	493835.653	6689710.818	493834.721	1.636	0.932	1.88285
p006	6689333.303	493783.027	6689331.563	493782.602	1.740	0.425	1.79115
p007	6690005.751	493971.809	6690003.451	493970.710	2.300	1.099	2.54908
p008	6689207.316	494185.212	6689205.086	494185.027	2.230	0.185	2.23766
p010	6690131.842	494030.545	6690128.994	494029.316	2.848	1.229	3.10186
p013	6690806.328	495732.217	6690805.365	495732.498	0.963	-0.281	1.00316
p023a	6690948.443	493903.810	6690947.055	493903.493	1.388	0.317	1.42374
p023b	6690976.620	495312.686	6690974.987	495312.149	1.633	0.537	1.71903
P024	6690527.886	495419.558	6690526.435	495419.244	1.451	0.314	1.48459
p025	6689966.509	494496.577	6689964.945	494495.175	1.564	1.402	2.10040
P026a	6690140.595	495807.528	6690138.517	495806.524	2.078	1.004	2.30783
p028	6690717.780	496750.802	6690716.171	496750.445	1.609	0.357	1.64813
p031	6690080.802	496595.663	6690079.089	496595.200	1.713	0.463	1.77447
p047	6686829.688	502700.072	6686828.206	502699.469	1.482	0.603	1.59998
p049	6687060.627	503208.430	6687059.356	503208.462	1.271	-0.032	1.27140
p050	6686719.758	502064.703	6686717.997	502063.740	1.761	0.963	2.00711
p051	6686058.036	502517.784	6686056.287	502517.001	1.749	0.783	1.91627
P137	6688974.270	500192.491	6688972.774	500191.823	1.496	0.668	1.63837
p1902	6687970.594	495136.130	6687968.966	495136.230	1.628	-0.100	1.63107
p204	6690117.552	494824.168	6690116.009	494824.232	1.543	-0.064	1.54433
pA1812	6689993.694	495499.120	6689991.035	495499.712	2.659	-0.592	2.72410
				Somatório	62.714	24.215	70.14192
				Média	1.791828571	0.691857143	2.004054754

ANEXO V

Relatório do ajustamento utilizando a transformação de Helmert, contendo o vetor solução, a correção dos resíduos, a $V^T PV$ e a Variância da unidade de peso à posteriori, das coordenadas da região central de Gravataí.

VETOR SOLUCAO	
X(1)=	567.9757276180507
X(2)=	.9999867731001349
X(3)=	-8.371714543020969D-05
X(4)=	39.36061932534227
RES(1)=	.2101461887359619
RES(2)=	-.6488608472282067
DIST(1)=	.6820424
RES(3)=	.2413250014797086
RES(4)=	.2473236442310736
DIST(2)=	.3455528
RES(5)=	-1.483171386047616
RES(6)=	.6768457734724507
DIST(3)=	1.630312
RES(7)=	-.6692933981976239
RES(8)=	1.011624247767031
DIST(4)=	1.212987
RES(9)=	.9854080605291529
RES(10)=	-2.250867129652761
DIST(5)=	2.457119
RES(11)=	-.138049173001491
RES(12)=	.4878182903630659
DIST(6)=	.5069756
RES(13)=	-.3264161988190608
RES(14)=	.4024729238590226
DIST(7)=	.5182007
RES(15)=	.5237201340059983
RES(16)=	2.048462761915289
DIST(8)=	2.114352
RES(17)=	-1.842821801328682
RES(18)=	-.1641899980604649
DIST(9)=	1.850122
RES(19)=	.3705301906156819
RES(20)=	-.6501526950160042
DIST(10)=	.7483255
RES(21)=	.905668191504083
RES(22)=	-1.681252696318552
DIST(11)=	1.909623
RES(23)=	.1340206445820513
RES(24)=	.4232318226713687
DIST(12)=	.4439445
RES(25)=	-.4794107595807873
RES(26)=	.5783984935842454
DIST(13)=	.751252
RES(27)=	-6.841248714772519D-02
RES(28)=	-7.515491789672524D-02
DIST(14)=	.1016294
RES(29)=	.3487689212197438
RES(30)=	-6.821640953421593D-02
DIST(15)=	.3553776
RES(31)=	.2867287056869827
RES(32)=	-.1101546353893355
DIST(16)=	.3071602
RES(33)=	-.2684958921163343
RES(34)=	1.39248495339416
DIST(17)=	1.418134
RES(35)=	.6501197139077704
RES(36)=	2.147723162313923
DIST(18)=	2.243963
RES(37)=	1.054326462915924
RES(38)=	-6.089195189997554D-02
DIST(19)=	1.056083
RES(39)=	-5.221069407707546D-02
RES(40)=	-.901486998423934
DIST(20)=	.9029977
RES(41)=	.1747440863618976
RES(42)=	.8770232842070982
DIST(21)=	.8942624
RES(43)=	.0867849558708258
RES(44)=	-.8714757584966719
DIST(22)=	.8757863
RES(45)=	.6116065777096083
RES(46)=	-3.054736077319831D-02
DIST(23)=	.612369
RES(47)=	-.1361695278610569
RES(48)=	.7307482118485496
DIST(24)=	.7433271
RES(49)=	-1.71502249535115
RES(50)=	-2.226981035200879
DIST(25)=	2.810827
RES(51)=	.4118924789436278
RES(52)=	-.0542355194920674
DIST(26)=	.4154478
RES(53)=	-.2343227781093447
RES(54)=	.1938627840718254
DIST(27)=	.3041216
RES(55)=	-.2503032533059013
RES(56)=	-.6499805209459737
DIST(28)=	.6965102
RES(57)=	.1365674913904513
RES(58)=	-.9193520545959473
DIST(29)=	.92944

RES(59) = 2.385483692072739	RES(60) = -.5735391312045977
DIST(30) = 2.453463	
RES(61) = .1495289313461399	RES(62) = .1192929578246549
DIST(31) = .1912844	
RES(63) = -.9099052723468049	RES(64) = -.387041098321788
DIST(32) = .9888015	
RES(65) = -.746780504938215	RES(66) = .7177279908210039
DIST(33) = 1.035768	
RES(67) = -.1609361075825291	RES(68) = -.640321733430028
DIST(34) = .6602366	
RES(69) = -.355107561503246	RES(70) = -5.651715165004134D-02
DIST(35) = .3595769	
RES(71) = 7.680093627277529D-02	RES(72) = -.3625202419934794
DIST(36) = .3705662	
RES(73) = .7021628137517837	RES(74) = .1194770336151123
DIST(37) = .7122551	
RES(75) = -.0235960991049069	RES(76) = 9.013685840182006D-02
DIST(38) = 9.317419E-02	
RES(77) = -.4374727178292233	RES(78) = -.5469964374788106
DIST(39) = .7004195	
RES(79) = .6514127570044366	RES(80) = 6.713018484879285D-02
DIST(40) = .6548626	
RES(81) = .3400934470701031	RES(82) = .1442573516396806
DIST(41) = .3694235	
RES(83) = -.5574504485775833	RES(84) = .396630666567944
DIST(42) = .6841542	
RES(85) = -.9031609711382771	RES(86) = -.0962491687387228
DIST(43) = .9082751	
RES(87) = .5199623573425924	RES(88) = -.8512024142546579
DIST(44) = .9974499	
RES(89) = .2413587479022681	RES(90) = -.3554479551967233
DIST(45) = .4296479	
RES(91) = 1.763234723592177	RES(92) = .8856630477821454
DIST(46) = 1.973169	
RES(93) = -.1411059765232494	RES(94) = .1105933547951281
DIST(47) = .1792813	
RES(95) = -.4445511470548809	RES(96) = 1.112473676563241
DIST(48) = 1.198008	
RES(97) = -1.962938851647777D-02	RES(98) = .6022882463876158
DIST(49) = .602608	
RES(99) = -.2336819762858795	RES(100) = .4042737227864563
DIST(50) = .4669523	
RES(101) = -.3413275700077065	RES(102) = .3877346366643906
DIST(51) = .5165682	
RES(103) = 1.127204377895396	RES(104) = -.7478729879949242
DIST(52) = 1.352739	
RES(105) = 2.042827592966205	RES(106) = -1.07295475481078
DIST(53) = 2.307461	
RES(107) = -1.456296939431923D-02	RES(108) = .2525989072164521
DIST(54) = .2530184	
RES(109) = -.7077092073668609	RES(110) = -.4619071941124275
DIST(55) = .8451098	
RES(111) = -.6586922265196336	RES(112) = .948676809668541
DIST(56) = 1.15493	
RES(113) = 6.553900848666672D-02	RES(114) = -.1065276996232569
DIST(57) = .125074	
RES(115) = -.2304074184794445	RES(116) = .6989805272314698
DIST(58) = .7359765	
RES(117) = -.1949973899827455	RES(118) = -.7135252947919071
DIST(59) = .7396906	
RES(119) = -1.23309206529666	RES(120) = -.9762562065152452
DIST(60) = 1.572766	
RES(121) = 2.573838887350576	RES(122) = .7044038734165952
DIST(61) = 2.668489	
RES(123) = -1.495489095366793	RES(124) = -.3955602878704667
DIST(62) = 1.546918	
RES(125) = .1335922972066328	RES(126) = -.7760606753872708
DIST(63) = .7874751	
RES(127) = -.825733562836831	RES(128) = .2178418535040692
DIST(64) = .8539853	
RES(129) = 9.335098011797527D-02	RES(130) = .118439283920452

DIST(65)=	.1508054		
RES(131)=	-.7216792749750312	RES(132)=	1.070744635770097
DIST(66)=	1.291246		
RES(133)=	-1.25866160865553	RES(134)=	.1812693231040612
DIST(67)=	1.271648		
RES(135)=	-1.485460712872737	RES(136)=	.5454756785184145
DIST(68)=	1.582447		
RES(137)=	1.877889216237236	RES(138)=	-9.282922139391303D-02
DIST(69)=	1.880182		
RES(139)=	-.1112460814983933	RES(140)=	-.5370007912861183
DIST(70)=	.5484028		
V¹PV=	146.659		
VAR A POST =	1.078375		

ANEXO VI

Relatório do ajustamento utilizando a transformação de Helmert, contendo o vetor solução, a correção dos resíduos, a $V^T PV$ e a Variância da unidade de peso à posteriori, das coordenadas da região periférica de Gravataí.

VECTOR SOLUCAO	
X(1)= 74.47309437112795	
X(2)= .9999465105712661	
X(3)= -7.254268636047279D-06	
X(4)= 352.3755330408898	
RES(1)= .5213255963390111	RES(2)= .193186050048098
DIST(1)= .5559687	
RES(3)= -9.720315635786392D-02	RES(4)= .1089021641528234
DIST(2)= .1459731	
RES(5)= .7472984880878357	RES(6)= -.6417332703713328
DIST(3)= .9850261	
RES(7)= 7.247050497244345D-02	RES(8)= -.3354324579704553
DIST(4)= .3431718	
RES(9)= -.170030294713797	RES(10)= .1645984078058973
DIST(5)= .2366494	
RES(11)= -.145535316587484	RES(12)= -8.383537689223886D-02
DIST(6)= .167955	
RES(13)= -.2805461703028413	RES(14)= .1039878024021164
DIST(7)= .2991983	
RES(15)= 1.237703989965667	RES(16)= -4.445247910916805D-02
DIST(8)= 1.238502	
RES(17)= -.4519054998600041	RES(18)= -.1053388300351799
DIST(9)= .4640203	
RES(19)= -.6121574700737256	RES(20)= 1.065385663416237
DIST(10)= 1.228733	
RES(21)= 1.544975326418353	RES(22)= .1925464817322791
DIST(11)= 1.556927	
RES(23)= 8.993266770994524D-02	RES(24)= 2.027038333471864D-02
DIST(12)= 9.218881E-02	
RES(25)= 6.980843823839678D-02	RES(26)= 3.105874476023018D-02
DIST(13)= 7.640591E-02	
RES(27)= .2725813426295645	RES(28)= 1.036832959041931
DIST(14)= 1.072065	
RES(29)= .4611361645002035	RES(30)= -.2349480285774916
DIST(15)= .5175395	
RES(31)= -4.029843761236407D-02	RES(32)= -.1110492214793339
DIST(16)= .1181351	
RES(33)= .6187256026096293	RES(34)= .4143513946328312
DIST(17)= .7446533	
RES(35)= -.3008971399758593	RES(36)= .3886073091998696
DIST(18)= .4914822	
RES(37)= .7446691495351843	RES(38)= .9560329456580803
DIST(19)= 1.21183	
RES(39)= -.8612452162778936	RES(40)= -.95270053925924
DIST(20)= 1.284283	
RES(41)= -.1664757107428159	RES(42)= -.548565945122391
DIST(21)= .5732702	
RES(43)= -2.204008666012669D-02	RES(44)= -.2948527516564354
DIST(22)= .2956754	
RES(45)= -.2475013719013077	RES(46)= -.4520749481162056
DIST(23)= .5153918	
RES(47)= .8939407340731123	RES(48)= -.3157427652040496
DIST(24)= .9480631	
RES(49)= .4245558473849087	RES(50)= .1984554646769539
DIST(25)= .4686494	
RES(51)= -.2770863950499916	RES(52)= -.2945750680519268
DIST(26)= .4044148	
RES(53)= -.158167289046105	RES(54)= -.1576288987416774
DIST(27)= .223302	
RES(55)= -.3211041848844616	RES(56)= -.1704456454608589
DIST(28)= .3635377	
RES(57)= -.9849712574505247	RES(58)= -.3901106752455235

DIST(29)= 1.059412		
RES(59)= .0736788017093204	RES(60)= .109825310180895	
DIST(30)= .1322504		
RES(61)= -.1257559330042568	RES(62)= .1365072129992768	
DIST(31)= .1856038		
RES(63)= -.1375324836335494	RES(64)= -.2893487776163965	
DIST(32)= .3203716		
RES(65)= -.6277896869578399	RES(66)= -.1403429228812456	
DIST(33)= .6432854		
RES(67)= -.5906776278716279	RES(68)= -.3424455358181149	
DIST(34)= .6827658		
RES(69)= -1.15388192555838	RES(70)= .7850758408894762	
DIST(35)= 1.395632		
VTPV= 75.54023		
VAR A POST = 1.144549		

ANEXO VII

Lista de coordenadas referente às duas regiões, central e periférica da cidade de Gravataí.

Este GPS	Norte GPS	Este do mapa	Norte do Mapa	Dif. Este	Dif. Norte	resultante
500945.262	6687144.261	500945.052	6687144.910	0.210100	-0.649000	0.682161
500675.490	6688522.586	500675.249	6688522.339	0.241300	0.247000	0.345304
500775.004	6687449.689	500776.487	6687449.012	-1.483100	0.677000	1.630311
499929.265	6687632.549	499929.934	6687631.537	-0.669200	1.012000	1.213249
499948.609	6687489.719	499947.624	6687491.970	0.985200	-2.251000	2.457157
499515.908	6688554.979	499516.046	6688554.491	-0.138000	0.488000	0.507137
497488.411	6688676.633	497488.737	6688676.230	-0.326400	0.403000	0.518600
499949.971	6686792.967	499949.447	6686790.919	0.523900	2.048000	2.113948
500183.897	6687718.080	500185.740	6687718.244	-1.842900	-0.164000	1.850183
500695.250	6687776.424	500694.880	6687777.074	0.370500	-0.650000	0.748178
498444.153	6687976.364	498443.248	6687978.045	0.905400	-1.681000	1.909322
499084.414	6687833.950	499084.280	6687833.527	0.134100	0.423000	0.443747
500753.705	6687802.318	500754.184	6687801.740	-0.479400	0.578000	0.750938
499264.160	6688396.029	499264.228	6688396.104	-0.068400	-0.075000	0.101506
499217.728	6688484.813	499217.379	6688484.881	0.348800	-0.068000	0.355367
499870.588	6688907.724	499870.301	6688907.834	0.286700	-0.110000	0.307078
499710.965	6688529.497	499711.233	6688528.104	-0.268400	1.393000	1.418622
499605.813	6687845.948	499605.163	6687843.800	0.650300	2.148000	2.244280
499111.869	6688017.079	499110.815	6688017.140	1.054300	-0.061000	1.056063
499031.710	6688083.940	499031.762	6688084.841	-0.052300	-0.901000	0.902517
499194.205	6688620.221	499194.030	6688619.344	0.174800	0.877000	0.894251
499031.849	6688083.970	499031.762	6688084.841	0.086700	-0.871000	0.875304
499054.067	6688381.215	499053.455	6688381.246	0.611600	-0.031000	0.612385
499418.420	6688774.884	499418.556	6688774.153	-0.136100	0.731000	0.743562
499492.464	6688845.044	499494.179	6688847.271	-1.715200	-2.227000	2.810950
499306.850	6688672.321	499306.438	6688672.375	0.411900	-0.054000	0.415425
499090.625	6688505.990	499090.859	6688505.796	-0.234300	0.194000	0.304192
500928.863	6688334.774	500929.113	6688335.424	-0.250400	-0.650000	0.696563
499913.921	6688365.279	499913.785	6688366.198	0.136500	-0.919000	0.929082
500066.452	6688210.786	500064.067	6688211.360	2.385500	-0.574000	2.453586
500142.330	6688401.322	500142.181	6688401.203	0.149500	0.119000	0.191079
499640.559	6688426.061	499641.469	6688426.448	-0.909900	-0.387000	0.988781
499576.898	6688267.399	499577.645	6688266.681	-0.746700	0.718000	1.035898
499867.979	6688450.223	499868.140	6688450.863	-0.161000	-0.640000	0.659940
499931.675	6688716.942	499932.030	6688716.998	-0.355100	-0.056000	0.359489
500788.034	6688164.660	500787.957	6688165.023	0.076800	-0.363000	0.371035
500346.367	6688695.973	500345.665	6688695.854	0.702200	0.119000	0.712212
500505.722	6688596.246	500505.746	6688596.156	-0.023600	0.090000	0.093043
500557.272	6688252.168	500557.710	6688252.715	-0.437500	-0.547000	0.700439
498076.013	6688490.278	498075.362	6688490.211	0.651400	0.067000	0.654837
500819.326	6688908.756	500818.986	6688908.612	0.340100	0.144000	0.369329

499907.578	6687948.421	499908.135	6687948.024	-0.557400	0.397000	0.684327
500593.026	6688421.970	500593.929	6688422.066	-0.903200	-0.096000	0.908288
500050.520	6688613.715	500050.000	6688614.566	0.519900	-0.851000	0.997245
500614.251	6688042.114	500614.010	6688042.469	0.241300	-0.355000	0.429244
500615.773	6688043.355	500614.010	6688042.469	1.763300	0.886000	1.973379
499874.061	6688570.741	499874.202	6688570.630	-0.141100	0.111000	0.179528
500856.739	6688599.975	500857.184	6688598.862	-0.444500	1.113000	1.198478
500564.583	6688503.729	500564.603	6688503.127	-0.019600	0.602000	0.602319
500701.934	6688769.336	500702.168	6688768.932	-0.233700	0.404000	0.466724
500277.900	6688772.373	500278.241	6688771.985	-0.341300	0.388000	0.516749
500186.375	6688314.625	500185.248	6688315.373	1.127200	-0.748000	-1.352806
500106.985	6688271.944	500104.942	6688273.017	2.042800	-1.073000	2.307458
500187.808	6688741.639	500187.823	6688741.386	-0.014500	0.253000	0.253415
500053.378	6688836.295	500054.086	6688836.757	-0.707800	-0.462000	0.845237
495928.415	6688842.787	495929.074	6688841.838	-0.658600	0.949000	1.155143
495753.198	6688354.074	495753.133	6688354.181	0.065500	-0.107000	0.125456
498298.981	6687795.928	498299.211	6687795.229	-0.230400	0.699000	0.735993
498564.124	6688453.893	498564.319	6688454.607	-0.195100	-0.714000	0.740176
498202.520	6688942.175	498203.753	6688943.151	-1.233200	-0.976000	1.572691
498541.549	6688769.985	498538.976	6688769.281	2.572900	0.704000	2.667476
498214.955	6688061.024	498216.451	6688061.419	-1.495500	-0.395000	1.546785
498365.394	6688143.788	498365.261	6688144.564	0.133500	-0.776000	0.787400
500942.833	6687453.778	500943.659	6687453.560	-0.825700	0.218000	0.853993
500604.913	6687386.708	500604.820	6687386.590	0.093400	0.118000	0.150491
497823.922	6688889.556	497824.644	6688888.485	-0.721600	1.071000	1.291413
500217.787	6687746.647	500219.046	6687746.466	-1.258700	0.181000	1.271647
495561.832	6688049.846	495563.317	6688049.300	-1.485400	0.546000	1.582570
496253.196	6687912.544	496251.318	6687912.637	1.877900	-0.093000	1.880201
495735.657	6688581.233	495735.768	6688581.770	-0.111300	-0.537000	0.548413
501640.201	6687141.520	501639.680	6687141.327	0.521400	0.193000	0.555974
502205.539	6686905.679	502205.636	6686905.570	-0.097200	0.109000	0.146044
501164.531	6687206.368	501163.784	6687207.010	0.747300	-0.642000	0.985201
502448.416	6686814.007	502448.344	6686814.342	0.072500	-0.335000	0.342755
502484.743	6687304.434	502484.913	6687304.269	-0.170000	0.165000	0.236907
501191.402	6687398.874	501191.548	6687398.958	-0.145500	-0.084000	0.168007
501308.146	6687642.356	501308.427	6687642.252	-0.280600	0.104000	0.299253
502313.687	6687637.397	502312.449	6687637.441	1.237800	-0.044000	1.238582
501130.653	6688035.687	501131.105	6688035.792	-0.451900	-0.105000	0.463938
502842.812	6687300.887	502843.424	6687299.822	-0.612200	1.065000	1.228419
503039.589	6687623.692	503038.044	6687623.499	1.545100	0.193000	1.557107
493682.783	6690454.145	493682.693	6690454.125	0.089900	0.020000	0.092098
494038.311	6690468.928	494038.241	6690468.897	0.069800	0.031000	0.076374
493675.395	6690143.501	493675.122	6690142.464	0.272600	1.037000	1.072231
493835.653	6689712.454	493835.192	6689712.689	0.461200	-0.235000	0.517620
493783.027	6689333.303	493783.067	6689333.414	-0.040300	-0.111000	0.118089
493971.809	6690005.751	493971.190	6690005.337	0.618800	0.414000	0.744520
494185.212	6689207.316	494185.513	6689206.927	-0.300900	0.389000	0.491794
494030.545	6690131.842	494029.800	6690130.886	0.744700	0.956000	1.211823
495732.217	6690806.328	495733.078	6690807.281	-0.861300	-0.953000	1.284541
493903.810	6690948.443	493903.977	6690948.992	-0.166500	-0.549000	0.573693

495312.686	6690976.620	495312.708	6690976.915	-0.022000	-0.295000	0.295819
495419.558	6690527.886	495419.806	6690528.338	-0.247500	-0.452000	0.515325
494496.577	6689966.509	494495.683	6689966.825	0.894000	-0.316000	0.948205
495807.528	6690140.595	495807.103	6690140.397	0.424600	0.198000	0.468497
496750.802	6690717.780	496751.079	6690718.075	-0.277100	-0.295000	0.404734
496595.663	6690080.802	496595.821	6690080.960	-0.158200	-0.158000	0.223587
502700.072	6686829.688	502700.393	6686829.858	-0.321100	-0.170000	0.363325
503208.430	6687060.627	503209.415	6687061.017	-0.985000	-0.390000	1.059398
502064.703	6686719.758	502064.629	6686719.648	0.073700	0.110000	0.132407
502517.784	6686058.036	502517.910	6686057.899	-0.125800	0.137000	0.185996
500192.491	6688974.270	500192.629	6688974.559	-0.137500	-0.289000	0.320043
495136.130	6687970.594	495136.758	6687970.734	-0.627800	-0.140000	0.643221
494824.168	6690117.552	494824.759	6690117.894	-0.590700	-0.342000	0.682562
495499.120	6689993.694	495500.274	6689992.909	-1.153900	0.785000	1.395604
			Somatório	-0.000800	0.005000	89.095788
			Média	-0.000008	0.000048	0.848531
			Variância	0.624661	0.497041	0.394773
			Desvio-padrão(Amostra)	0.790355	0.705011	0.628310