

TATIANA AYAKO TAURA

**ESTUDO DA SIMBOLOGIA PARA CARTAS NAS ESCALAS 1: 2.000, 1:5.000 E
1:10.000 DE MAPEAMENTO URBANO DO PARANACIDADE E
GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ciências Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Claudia Robbi Sluter
Co-Orientador: Prof. Dr. Henrique Firkowski

CURITIBA
2007


**“ESTUDO DA SIMBOLOGIA PARA CARTAS NAS ESCALAS
1:2.000, 1:5.000 E 1:10.000 DE MAPEAMENTO URBANO DO
PARANACIDADE E GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA”**

POR

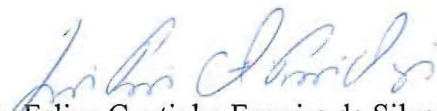
TATIANA AYAKO TAURA

Dissertação n° 214 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre
no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

Curitiba, 22 de novembro de 2007.



Prof.^a. Dr.^a. Luciene Stamato Delazari (UFPR)
Presidente



Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva – Membro (IME)



Prof. Dr. Antonio José Berutti Vieira – Membro (UFPR)

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de um ótimo curso de Pós-Graduação.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo benefício da bolsa de estudos.

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas (CPGCG), que colocou à disposição as instalações do laboratório de pesquisa em Cartografia (LABCARTO).

Ao Serviço Social Autônomo Paranacidade pelo material cartográfico (dados e especificações) utilizados neste trabalho.

Aos Professores e Orientadores Claudia Robbi Sluter e Henrique Firkowski, por todo o incentivo, dedicação e pela oportunidade de trabalharmos juntos.

Aos alunos de graduação em Engenharia Cartográfica e da pós-graduação em Ciências Geodésicas e Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR pela realização dos testes que contribuíram para essa dissertação.

Aos meus colegas e amigos Alessandra Palmeiro, Franciely Miranda, Fabiani Miranda, Karoline Jamur, Michele Beppler, Ricardo Neves, Marcio Schmidt e Mônica Santos Pires pela amizade e companheirismo durante o período do mestrado.

Ao meu amigo Samuel Alves Barbosa pelo seu apoio e incentivo a quem tenho muito respeito e admiração.

A todos os colegas, professores e funcionários, que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização de mais esta etapa vencida, e assim como para minha formação pessoal e profissional.

À minha família, que com seu amor incondicional sempre me apoiou, acreditou e confiou em mim, sempre prontos a me ajudar de todas as formas para que eu chegasse aos meus objetivos.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| LISTA DE FIGURAS..... | vi |
| LISTA DE TABELAS..... | ix |
| LISTA DE QUADROS..... | x |
| LISTA DE SIGLAS..... | x |
| RESUMO..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.1.1 Objetivo Geral..... | 4 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 5 |
| 2.1 CARTAS TOPOGRÁFICAS..... | 5 |
| 2.2 O PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA..... | 9 |
| 2.3 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA..... | 12 |
| 2.3.1 Modelos Conceituais de Generalização Cartográfica..... | 16 |
| 3. METODOLOGIA..... | 24 |
| 3.1 EXPERIMENTOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL..... | 28 |
| 3.1.1 Experimentos 01 a 05: Avaliação do espaçamento entre linhas para diferentes traços..... | 28 |
| 3.1.2 Experimento 06: Avaliação do espaçamento entre áreas e entre área e linha..... | 30 |
| 3.1.3 Experimento 07: Avaliação do reconhecimento dos detalhes em feições de área..... | 31 |
| 3.1.4 Experimentos 08 e 09: Avaliação da altura mínima de texto..... | 31 |
| 3.1.5 Experimento 10: Avaliação da discriminação de símbolos geométricos..... | 32 |
| 4. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA E ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 35 |
| 4.1 TESTE COM USUÁRIOS NA PERCEPÇÃO DE SÍMBOLOS..... | 35 |
| 4.1.1 Experimentos 01 a 05: Avaliação do espaçamento entre linhas para diferentes traços..... | 36 |
| 4.1.2 Experimento 06: Avaliação do espaçamento entre áreas e entre área e linha..... | 36 |

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.3 | Experimento 07: Avaliação do reconhecimento dos detalhes em feições de área..... | 36 |
| 4.1.4 | Experimentos 08 e 09: Avaliação da altura mínima de texto..... | 39 |
| 4.1.5 | Experimento 10: Avaliação da discriminação de símbolos geométricos..... | 39 |
| 4.2 | GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA..... | 45 |
| 4.2.1 | Generalização cartográfica das vias urbanas..... | 45 |
| 4.2.2 | Generalização cartográfica das edificações..... | 54 |
| 4.2.3 | Generalização cartográfica das quadras e lotes | 61 |
| 4.2.4 | Generalização cartográfica das toponímias..... | 63 |
| 4.2.5 | Generalização cartográfica em recortes de cartas do Paranacidade..... | 66 |
| 5. | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 71 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| | ANEXO..... | 76 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 01 - FRAGMENTO DA CARTA TOPOGRÁFICA DA CATALUNIA NA ESCALA 1:5.000 | 5 |
| FIGURA 02 – FRAGMENTO DA CARTA TOPOGRÁFICA DA CATALUNIA NA ESCALA 1:10.000 | 6 |
| FIGURA 03 – FRAGMENTO DA CARTA TOPOGRÁFICA DA CATALUNIA NA ESCALA 1:5.000 E O RESULTADO DA GENERALIZAÇÃO PARA ESCALA 1:25.000 | 7 |
| FIGURA 04 - CARTAS TOPOGRÁFICAS MONOCROMÁTICAS | 8 |
| FIGURA 05 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA | 10 |
| FIGURA 06 - FATORES DA ACUIDADE VISUAL..... | 11 |
| FIGURA 07 - REPRESENTAÇÃO DO VALOR DO CONTRASTE | 12 |
| FIGURA 08 - GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DO SISTEMA VIÁRIO | 15 |
| FIGURA 09 – MODELO CONCEITUAL MCMASTER & SHEA..... | 20 |
| FIGURA 10 – ESQUEMA METODOLÓGICO PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA APLICADA NESTE TRABALHO | 25 |
| FIGURA 11 - CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM GENERALIZAÇÃO..... | 26 |
| FIGURA 12 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS PARA DIFERENTES TRAÇOS..... | 29 |
| FIGURA 13 - OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE ÁREAS E ENTRE ÁREA E LINHA..... | 30 |
| FIGURA 14 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO RECONHECIMENTO DOS DETALHES EM FEIÇÕES DE ÁREAS | 31 |
| FIGURA 15 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO TAMANHO DE TEXTO | 32 |
| FIGURA 16 - OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA DISCRIMINAÇÃO DE SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS..... | 33 |
| FIGURA 17 - CONGESTIONAMENTO DE INFORMAÇÕES..... | 46 |
| FIGURA 18 - RECORTE DA CARTA QUE REPRESENTA DIFERENTES VIAS . | 48 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 19 – DESLOCAMENTO DE EDIFICAÇÕES DEVIDO AO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO..... | 49 |
| FIGURA 20 - REDUÇÃO DE ESCALA NA SIMBOLOGIA TÚNEL/TRINCHEIRA. | 50 |
| FIGURA 21 - TRANSFORMAÇÕES CONFORME A ESCALA | 50 |
| FIGURA 22 - REDUÇÃO DE ESCALA DO CANTEIRO | 51 |
| FIGURA 23 - ETAPAS PARA GENERALIZAÇÃO DOS CANTEIROS – EXEMPLO 02 (ESCALA AMPLIADA)..... | 51 |
| FIGURA 24 - ETAPAS PARA GENERALIZAÇÃO DOS CANTEIROS - EXEMPLO 01 (ESCALA AMPLIADA)..... | 52 |
| FIGURA 25 - REDUÇÃO DE ESCALA DE ROTATÓRIA | 53 |
| FIGURA 26 - REDUÇÃO DE ESCALA DE ROTATÓRIA E CRUZAMENTO | 54 |
| FIGURA 27 - RECORTE DA QUADRA COM EDIFICAÇÕES | 55 |
| FIGURA 28 - ETAPAS PARA AGREGAÇÃO DE EDIFICAÇÕES..... | 56 |
| FIGURA 29 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE OPERAÇÕES DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA NAS EDIFICAÇÕES..... | 57 |
| FIGURA 30 - RECORTE DE CONSTRUÇÕES ISOLADAS E AGLOMERADO DE EDIFICAÇÕES | 59 |
| FIGURA 31 - EDIFICAÇÃO COM SÍMBOLO PICTÓRICO DE IGREJA (ESCALA AMPLIADA)..... | 60 |
| FIGURA 32 - PROXIMIDADE DE EDIFICAÇÕES IMPORTANTES (ESCALA AMPLIADA)..... | 60 |
| FIGURA 33 - OPERAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE EDIFICAÇÕES | 61 |
| FIGURA 34 - RECORTE DA CARTA COM FEIÇÕES DE LOTES E QUADRAS . | 62 |
| FIGURA 35 - RESULTADO DA GENERALIZAÇÃO DE LOTES E QUADRAS PARA A ESCALA 1:10.000 (ESCALA AMPLIADA)..... | 63 |
| FIGURA 36 - REDUÇÃO DE ESCALA NAS TOPONÍMIAS..... | 64 |
| FIGURA 37 - PROBLEMA DE CONGESTIONAMENTO NA REDUÇÃO DE ESCALA DA ESCALA 1:2000 PARA 1:5000 | 65 |
| FIGURA 38 - ETAPAS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DAS TOPONÍMIAS..... | 66 |
| FIGURA 39 - REGIÃO 1 NA ESCALA ORIGINAL 1:2.000 (REDUZIDA) | 67 |

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 40 – REGIÃO 1 NA ESCALA GENERALIZADA 1:5.000 | 68 |
| FIGURA 41 – REGIÃO1 NA ESCALA GENERALIZADA 1:10.000 | 69 |
| FIGURA 42 – REGIÃO 2 NA ESCALA ORIGINAL 1:2.000 (REDUZIDA) | 69 |
| FIGURA 43 – REGIÃO 2 NA ESCALA GENERALIZADA 1:5.000 | 70 |
| FIGURA 44 – REGIÃO 2 NA ESCALA GENERALIZADA 1:10.000 | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELA 01 - QUANTITATIVO DE USUÁRIOS ENTREVISTADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO..... | 35 |
| TABELA 02 - RESULTADOS DAS QUESTÕES RELACIONADAS À VISIBILIDADE DE DIFERENTES TIPOS DE LINHAS PARALELAS | 37 |
| TABELA 03 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA..... | 38 |
| TABELA 04 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA E LINHA..... | 38 |
| TABELA 05 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DE DETALHES NAS FORMAS DE FEIÇÕES DE ÁREA..... | 38 |
| TABELA 06 - RESULTADOS DA PERCEPÇÃO DE TAMANHO MÍNIMO DE TEXTOS..... | 39 |
| TABELA 07 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO DIÂMETRO MÍNIMO DO CÍRCULO..... | 40 |
| TABELA 08 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO TAMANHO MÍNIMO DO TRIÂNGULO | 41 |
| TABELA 09 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO TAMANHO MÍNIMO DO QUADRADO..... | 42 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| QUADRO 01 - DEFINIÇÃO DOS OPERADORES DE TRANSFORMAÇÃO ESPACIAL..... | 21 |
| QUADRO 02 - DEFINIÇÃO DOS OPERADORES DE TRANSFORMAÇÃO DO ATRIBUTO | 22 |
| QUADRO 03 - TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS..... | 23 |
| QUADRO 04 - SÍMBOLOS GRÁFICOS PROPOSTOS EM <i>SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY</i> (1977) | 27 |
| QUADRO 05 - SÍMBOLOS UTILIZADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL | 28 |
| QUADRO 06 - REPRESENTAÇÃO DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE VIAS | 29 |
| QUADRO 07 - RESULTADOS DOS TAMANHOS MÍNIMOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL | 43 |
| QUADRO 08 – COMPARAÇÃO ENTRE O RESULTADO DO TESTE E AS MEDIDAS DA <i>SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY</i> | 44 |
| QUADRO 09 - SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA PONTES, VIADUTOS, TUNEIS, TRINCHEIRAS | 49 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|--------------------------------------------------|
| UFPR: | Universidade Federal do Paraná |
| CTCG: | Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento |

RESUMO

A generalização cartográfica é um campo de conhecimento importante na cartografia. Durante a derivação de cartas procura-se representar as feições de forma a preservar as suas características e que o usuário possa compreender o seu significado independentemente da escala de visualização. Por haver espaço restrito para a representação das informações no mapa, deve haver uma preocupação em representá-las de forma visível e legível com adequação da simbologia. A utilização de simbologia inadequada pode resultar na dificuldade de comunicação das informações ao usuário. Neste trabalho o objetivo foi propor representação das feições de vias de acesso, quadras, lotes, edificações e toponímias com utilização dos operadores de generalização cartográfica, nos produtos especificados pelo Paranacidade de área urbana na escala 1:2.000 para as escalas 1:5.000 e 1:10.000, com a modificação da simbologia tendo por base uma consulta a usuários. Para o desenvolvimento do trabalho partiu-se da definição das feições a serem trabalhadas e na sequência realizou-se a generalização cartográfica. A detecção dos problemas geométricos e a definição dos operadores a serem aplicados nas feições foram realizadas com avaliação cartométrica. Após foram aplicados os operadores em recortes das cartas do Paranacidade e como auxílio nessa fase foi aplicado um teste com 10 experimentos de percepção visual de símbolos. Os resultados da generalização da escala 1:2.000 para 1:5.000, e da escala 1:5.000 para a escala 1:10.000 foram alcançados considerando-se, durante todo procedimento, os preceitos de projeto cartográfico com aplicação dos conceitos apresentados sobre generalização cartográfica, comunicação cartográfica e a realização do teste de percepção de símbolos com usuários.

Palavras-chaves: generalização cartográfica, bases cartográficas urbanas, percepção visual de símbolos.

ABSTRACT

Cartographic generalization is an important field of knowledge on cartography. During the process of generalization the cartographer must avoid to change the features characteristics in order to make easier for the user to understand the map. Due to the limited size of the map compared to the area to be represented, it is important to use a legible symbology. The inappropriate use of symbolism can result in difficulty in communicating information to the user. Based on the necessity for a legible symbology this thesis aims the representation of streets, squares, parcels, buildings and geographic names of an urban area on 1:5.000 and 1:10.000 scale maps from a 1:2.000 scale base map. The detection of geometric problems and the definition of generalization operators were results of cartometric evaluation. The parameters for cartometric evaluations were established from a user test which was a result of 10 experiments on symbol visual perception. The results of the 1:5.000 and 1:10.000 scale maps were considered satisfactory because the generalization processes were based on cartographic communication and the test of user perception of symbols.

Key-words: cartographic generalization, urban base map, symbol visual perception.

1. INTRODUÇÃO

A generalização cartográfica é um campo de conhecimento importante na cartografia. Este conhecimento é aplicado na produção de cartas derivadas de cartas em escalas maiores. Quando se produz uma carta derivada com uma escala menor do que a da carta original, esta nova carta poderá apresentar problemas de ordem geométrica e/ou de ordem semântica. Quando essas cartas são topográficas, a manutenção da acurácia posicional é um importante aspecto a ser considerado, uma vez que é essencial nesses produtos. Quando se trabalha com mapas a preocupação está em representar as feições de forma que não se percam suas características e que o usuário possa compreender o seu significado, independentemente da escala de visualização. Quando ocorre a generalização cartográfica, as feições podem passar por mudanças na sua representação, como por exemplo uma feição de área representada por um ponto numa escala, linhas paralelas representadas numa única linha.

A visibilidade e a legibilidade de símbolos estão envolvidas na comunicação das informações numa carta. Pela restrição de espaço para a representação das informações, deve haver uma preocupação por parte do cartógrafo em representar as informações de forma visível e legível. Os símbolos utilizados para representar as feições numa carta topográfica são especificados de forma que as feições importantes sejam legíveis e não somente visíveis, e as diferenças nas formas das feições sejam claramente distinguíveis. Para atender a essas características, essas feições devem ser representadas com um tamanho mínimo perceptível para um usuário.

A subjetividade é uma característica do processo de generalização cartográfica, pois cada cartógrafo a executa de forma diferente. A generalização cartográfica é um processo baseado na tomada de decisão e na aplicação de operações que resultam numa nova representação. Quando este processo é realizado por diferentes cartógrafos os resultados também são diferentes. A ausência de um formalismo em questões referentes ao processo de generalização explica a diferença nos produtos cartográficos resultantes.

As cartas topográficas especificadas pelo Paranacidade comumente denominadas de bases cartográficas digitais urbanas na escala 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 são produtos destinados ao suporte a diversos trabalhos que necessitem de informações acuradas e precisas da superfície terrestre. As informações cartográficas comumente representadas são: relevo, arruamento, pontes, viadutos, passarelas, limites de propriedades, limites de bairros, limites municipais e estaduais, alinhamento predial, postes, torres de transmissão e comunicação, rios, lagos, represas, açudes, vegetação de grande e pequeno porte, árvores isoladas, reflorestamento, edificações residenciais, públicas, comerciais, industriais, escolas, hospitais, templos religiosos e toponímias.

As cartas nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 são resultados de derivações da carta na escala 1:2.000. Para representação dessas informações utiliza-se a padronização das feições e as categorias de informações especificadas nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000, definidas pela Câmara Técnica de Cartografia e Geoprocessamento do Estado do Paraná – CTCG, denominadas de tabela da CTCG de categorias das feições cartográficas. As feições da base cartográfica digital urbana na escala 1:2.000 são organizadas e armazenadas em arquivos com formato vetorial. A base de dados cartográficos é constituída por arquivos de dados gráficos das feições cartográficas. Tomando por base a tabela de recomendação técnica de padronização da CTCG, aos dados gráficos são associados atributos gráficos, como código ou número e nome, que identificam de forma individual as categorias, cada uma com suas características gráficas próprias.

A confecção das cartas do Paranacidade nas escala 1:5.000 e 1:10.000 são derivadas da cartas na escala 1:2.000. No trabalho de dissertação de NALINI (2005) é apresentada uma proposição de solução de generalização cartográfica em cartas do Paranacidade, a partir de uma avaliação cartométrica com base em McMASTER & SHEA (1992). Segundo NALINI (2005), particularmente nesses produtos, a seleção é a única operação realizada onde são selecionadas as categorias das feições que serão representadas nas cartas derivadas, e baseia-se unicamente no conhecimento e experiência dos técnicos que especificam e que

utilizam esses produtos. Conseqüentemente, não são aplicados os operadores adequados para uma melhor representação das feições na escala derivada, e também a simbologia utilizada não é modificada durante esse processo logo, as cartas derivadas existentes, podem apresentar problemas de excesso ou falta de informações representadas. Problemas na simbologia utilizada para representar feições nas escalas derivadas afetam a qualidade do produto cartográfico e isso resulta na dificuldade de comunicação das informações ao usuário, posto que não são adotados procedimentos adequados para derivação dos símbolos, durante o processo de generalização cartográfica.

Neste trabalho o objetivo a ser alcançado é propor a representação das feições de vias de acesso, quadras, lotes e edificações com utilização dos operadores de generalização cartográfica para uso em mapeamento topográfico de área urbana, nas escalas 1:5.000 e 1:10.000 a partir da escala 1:2.000.

Foram definidas as feições a serem trabalhadas e na sequência iniciou-se o processo de generalização cartográfica com a avaliação cartométrica das classes de feições em cartas do Paraná. Com o resultado da avaliação cartométrica foram propostos e aplicados os operadores de generalização cartográfica. Realizou-se teste de percepção de símbolos com usuários o que auxiliou na proposição de simbologia e, assim na solução de problemas de comunicação cartográfica da carta topográfica.

Essa dissertação está estruturada em 5 capítulos: uma introdução seguida de revisão bibliográfica com a apresentação da conceituação teórica envolvida no trabalho, materiais utilizados e a metodologia empregada, os resultados obtidos e por fim conclusões e recomendações.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor a representação de feições urbanas com aplicação dos procedimentos de generalização cartográfica em cartas do Paranacidade nas escalas 1:5.000 e 1:10.000, derivadas da escala 1:2.000, de acordo com o paradigma da comunicação cartográfica.

1.1.2 Objetivos Específicos

1- Definir os procedimentos de generalização cartográfica para vias, quadras, lotes e edificações em geral com base na avaliação cartométrica segundo McMASTER & SHEA (1992);

2- Realizar testes de comunicação cartográfica com vistas à proposição de símbolos adequados ao mapeamento nas escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 para os dados do Paranacidade;

3- Realizar os procedimentos de generalização cartográfica para vias, quadras, lotes e edificações em fragmentos de cartas do acervo do Paranacidade.

FIGURA 02 – FRAGMENTO DA CARTA TOPOGRÁFICA DA CATALUNIA NA ESCALA 1:10.000



FONTE: BAELLA; PLA (1999).

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas duas cartas topográficas em escalas diferentes, produzidas pelo Instituto de Cartografia da Catalunha. As cartas base produzidas por este Instituto estão na escala 1:5.000, e a partir dessa escala são derivadas cartas em escalas menores. Observa-se que nessas cartas topográficas para a derivação das cartas em escalas menores são aplicados os procedimentos de generalização cartográfica e ocorre a adequação da simbologia com o nível de visualização da escala. A Figura 3a, apresenta algumas rodovias na escala original (1:5.000) e a Figura 3b apresenta a ampliação do resultado após aplicação de operadores de generalização para a escala 1:25.000.

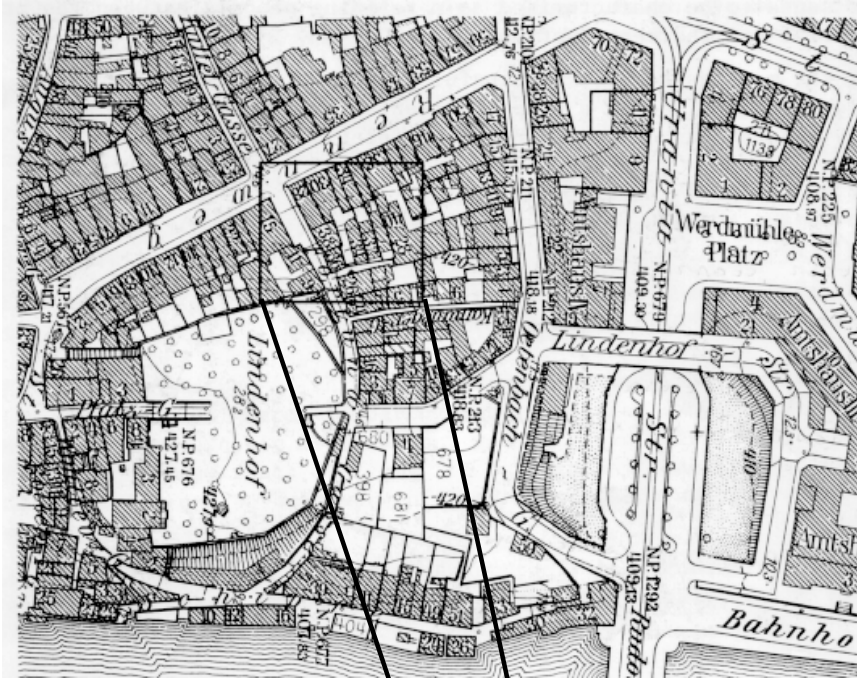
FIGURA 03 – FRAGMENTO DA CARTA TOPOGRÁFICA DA CATALUNIA NA ESCALA 1:5.000 E O RESULTADO DA GENERALIZAÇÃO PARA ESCALA 1:25.000



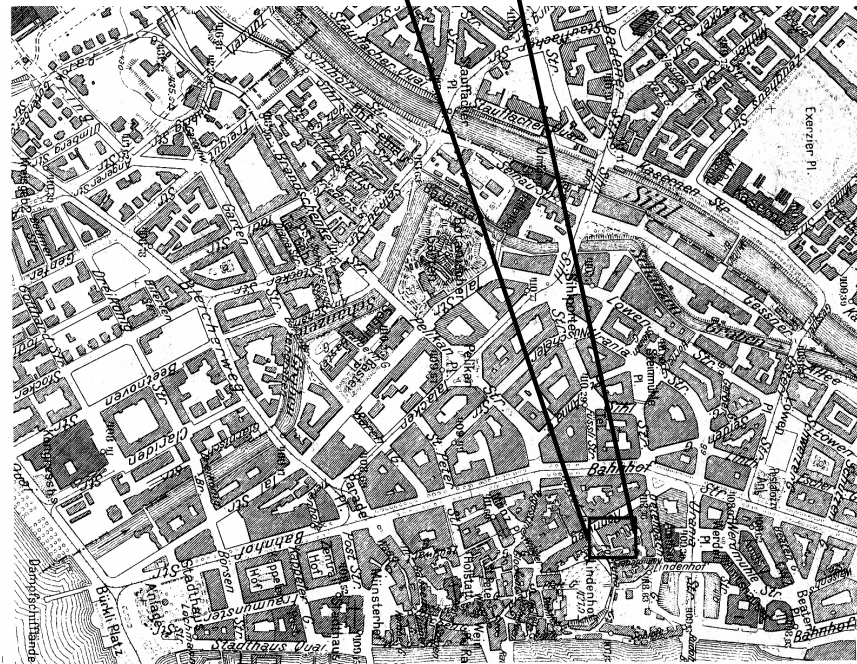
FONTE: BAELLA; PLA (2003).

Na Figura 4 apresentam-se cartas topográficas monocromáticas em escalas grandes. Observa-se a diminuição no nível de detalhamento das edificações e do sistema viário. Para a representação na escala 1:2.500, somente algumas edificações são representadas e são mantidas as informações de quadras e limites das propriedades. As larguras das vias são exageradas e suas toponímias têm um tamanho identificável. A representação da escala 1:10.000 é o resultado da aplicação da generalização da carta na escala 1:2.500. Nesta representação os limites de propriedade, na parte interna dos quarteirões, foram suprimidos e foram mantidos apenas aqueles necessários ao entendimento dos limites de rua e propriedade. Além disso, as edificações individuais foram agregadas para formar áreas construídas, pois não aparecem mais as linhas entre edificações vizinhas. Na escala 1:10.000, as informações de propriedades não estão representadas.

FIGURA 04 - CARTAS TOPOGRÁFICAS MONOCROMÁTICAS



a) Representação para escala 1:2.500



b) Representação para escala 1:10.000

FONTE: Swiss Society of Cartography (1977)

Os produtos especificados pelo Paranacidade são representações topográficas porque compõem o mapeamento básico. E por isso devem servir a múltiplos propósitos que demandam informações sobre a superfície terrestre. Deve-se considerar nesses produtos todas as características que envolvem o mapeamento topográfico, como a legibilidade, acuracidade, qualidade estética e a comunicação cartográfica.

2.2 O PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA

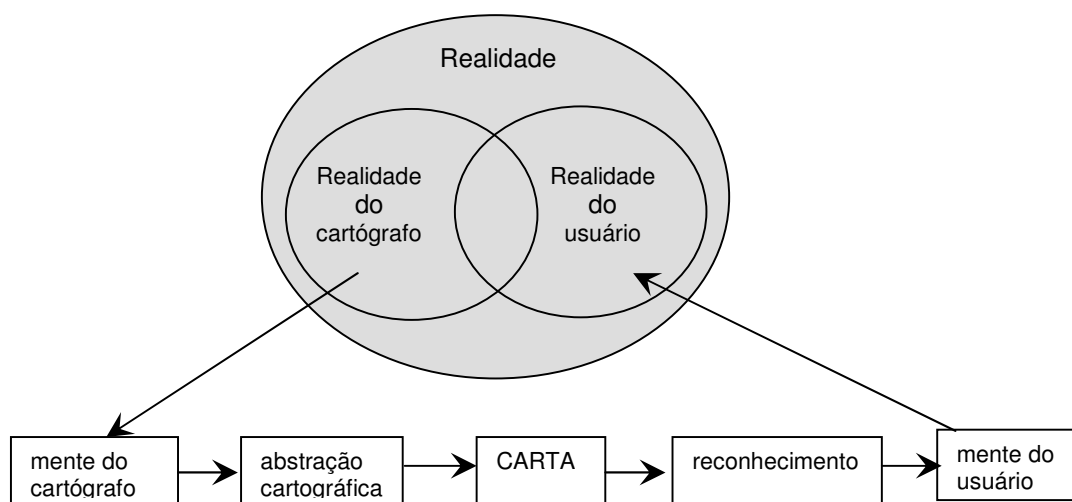
Quando visualiza uma carta, o usuário procura entender o que está nela representado. Como as cartas são meios de comunicação, a informação representada pelos símbolos cartográficos pode proporcionar acréscimo em conhecimento àquele que a observa. No processo de comunicação cartográfica, a parte que concerne ao usuário consiste em decodificar a carta, codificada pelo cartógrafo. Este processo pode não ser eficiente quando não é possível decodificar a carta, e neste caso a compreensão da mensagem é equivocada. A responsabilidade de apresentar a informação é do cartógrafo, e cabe ao usuário apenas a sua interpretação.

KOLACNY (1977) propõe um modelo de comunicação cartográfica que parte da mente do cartógrafo para a mente do usuário. Segundo este modelo a comunicação cartográfica ocorre quando a informação representada pelo cartógrafo é entendida a partir da interpretação da carta pelo usuário. Essa situação está representada na Figura 05 pela sobreposição das realidades do cartógrafo e do usuário. A “realidade” é o mundo que nos rodeia, a “realidade do cartógrafo” e a “realidade do usuário” representam o entendimento, do cartógrafo e do usuário, sobre o mundo.

Segundo SLOCUM (1999), as limitações técnicas que se apresentam ao cartógrafo, como o tempo para realização do projeto, limitações de custo para produção e tipo de papel, são fatores que influenciam na elaboração e na construção de uma carta. A estética deve ser vinculada a estes fatores de forma a atender a legibilidade e a clareza das informações representadas. A importância

de um projeto cartográfico está em garantir a eficiência da representação gráfica contida na carta. A eficiência de uma carta também está relacionada com a capacidade, com a habilidade e com o talento individual do cartógrafo responsável.

FIGURA 05 – PROCESSO DE COMUNICAÇÃO CARTOGRÁFICA



FONTE: Adaptado de KOLACNY (1977)

Outras limitações podem ser encontradas na elaboração de uma carta relacionadas à percepção de diferentes aspectos das cartas pelos usuários. A variação de escala permite a noção de percepção de diferentes níveis de visualização durante a redução do tamanho do espaço representado, da clareza dos detalhes de uma escala para outra e, da manutenção de proporção existente entre o tamanho dos diversos elementos apresentados. E essa percepção está relacionada ao sistema ocular do ser humano.

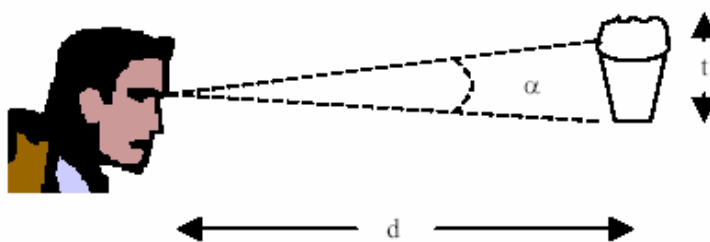
O olho pode apresentar anomalias, ou deficiências visuais que resultam do fato do olho não focalizar os estímulos recebidos no plano da retina, o que resulta na perda da nitidez e gera desconforto. Estas deficiências são também conhecidas como vícios de refração ou erros de refração. Têm-se como anomalias a emetropia, hipermetropia, miopia, presbiopia, astigmatismo. Algumas das anomalias podem ser corrigidas com uso de lentes de contato, óculos ou cirurgias. Há também uma deficiência genética que atinge a percepção das cores, e resulta

na incapacidade de distinguir algumas cores, e essa deficiência é o daltonismo. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE OFTALMOLOGIA, 2007).

De acordo com BOS (1984), a percepção visual é a detecção de um objeto no campo visual e a habilidade de compreender seu significado. O processo de percepção é dividido em três estágios: a) físico: que trata da quantidade de luz refletida pelo objeto e que alcança os olhos, registrada inicialmente na retina; b) fisiológico: que está relacionada à reação dos olhos à radiação incidente, é a ativação do sistema de lentes que causa a abertura da pupila e a emissão de sinais elétricos ao cérebro; e c) psicológico: resposta à habilidade do cérebro em receber sinais dos olhos e interpretar sua mensagem. A percepção visual ocorre sempre que a imagem gráfica é vista e um fator importante é a acuidade visual.

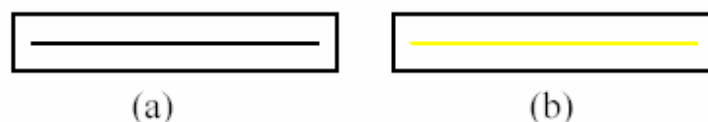
A percepção visual dos símbolos relaciona-se tanto ao processo psicofísico como cognitivo de leitura da carta. O processo psicofísico é a relação entre estímulo (a parte física que é vista) e a resposta resultante desse estímulo, ou seja, a relação entre o que há e o que se percebe (BORDENAVE, 1984 citado por PUGLIESI, 2002). Portanto, devem ser consideradas as associações subjetivas e convencionais, e a relação visibilidade/legibilidade dos símbolos (BOS, 1984). A acuidade visual ou visibilidade é definida como a habilidade dos olhos em detectar pequenos objetos ou detalhes espaciais, discriminá-los de seus vizinhos. BOS (1984) descreve que tal habilidade é influenciada pelos fatores espacial, espectral, dinâmico e temporal. O fator espacial expressa a relação entre tamanho do objeto (t), distância do objeto (d) e ângulo visual (α) (Figura 06). A acuidade visual é expressa como o tamanho mínimo de um objeto que pode ser detectado a certa distância de leitura sob certas condições de contraste.

FIGURA 06 - FATORES DA ACUIDADE VISUAL



BOS (1984) também define que o fator espectral expressa a intensidade de luz refletida, cor e contraste. Observa-se na Figura 7a que o grau de contraste entre os símbolos e o fundo afetam a acuidade visual. Como exemplo a representação da linha na cor preta sobre fundo branco resulta em alto contraste e, portanto de fácil detecção; enquanto uma linha de mesma espessura na cor amarela sobre um fundo branco resulta numa situação de baixo contraste e de difícil detecção, pois as duas cores têm altos valores de brilho (Figura 7b). O fator dinâmico está relacionado com o movimento dos objetos (animação). E o fator temporal está relacionado ao tempo que o objeto fica no campo de visão.

FIGURA 07 - REPRESENTAÇÃO DO VALOR DO CONTRASTE



Ainda segundo BOS (1984), as associações subjetivas são aquelas baseadas em reações espontâneas, comuns a todos os usuários de cartas, ou seja, o usuário vê a imagem, reconhece-a como tal e abstrai alguma informação. As associações convencionais são as baseadas no aprendizado ou experiência adquiridas com o uso da carta. Como exemplo tem-se a água que é convencionalmente representada pelo tom de cor azul, a vegetação pelo tom verde, entre outras. A legibilidade está relacionada à facilidade com que uma carta pode ser lida, ou tal conteúdo pode ser compreendido. É a habilidade de detectar diferenças, ou seja, a capacidade de alguém discriminar entre dois ou mais símbolos. É importante que os símbolos cartográficos sejam detectáveis e legíveis, ou seja, que possam serem lidos e entendidos.

2.3 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

O problema cartográfico relativo à quantidade de informação disponível e espaço existente para representação ocorre no momento de representar uma

região em uma escala menor do que aquela para a qual os dados foram originalmente coletados. Em outras palavras, uma das conseqüências da redução da escala é a necessidade de realizar a generalização cartográfica. Quanto menor a escala de uma carta, maior será o grau de generalização a que os objetos do mundo real, ali representados, foram submetidos.

A generalização cartográfica deve ser realizada de modo a preservar a comunicação cartográfica em representações produzidas por derivação de cartas já existentes. Na fase da construção da carta, a generalização atua na manutenção da comunicação visual das feições, quando são oriundas da redução de escala de visualização.

Vários autores têm dedicado parte de suas contribuições ao estudo da generalização cartográfica. Cada autor define a generalização cartográfica de um modo diferente. Segundo JOÃO (1998), a generalização é uma característica inerente a todo dado geográfico, desse modo todas as cartas digitais ou analógicas são representações das informações generalizadas da realidade. Quanto mais generalizado maior é o grau de abstração do objeto ou conceito representado. A quantidade de informação de um elemento diminui na medida em que este elemento sofre operações de generalização. No entanto isso não é o mesmo que não transmitir o seu verdadeiro significado. Como exemplo, uma casa representada com muitos detalhes numa escala, e numa outra escala menor a casa representada por um ponto. Pode-se dizer que o símbolo pontual representa uma casa, mas não se pode conhecer os detalhes de construção da casa, pois estas foram desconsideradas quando se adotou a representação pontual.

Segundo JONES (1997), a generalização cartográfica é um processo de abstração de informação que depende da escala, pois esta determina o espaço disponível para os símbolos na carta. A seleção das informações importantes em uma base de dados deve resultar em uma representação clara e informativa do fenômeno espacial. A redução de escala é acompanhada pela redução dos detalhes de representação dos objetos individuais, e ao mesmo tempo de exagero ou realce desses objetos para torná-los identificáveis.

Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977):

“A generalização cartográfica requer um profundo conhecimento da essência e função da carta. Como consequência há necessidade de se definir o propósito da carta, a extensão do conteúdo de suas informações e também de se conhecer as necessidades do usuário, considerando o propósito específico da carta”.

A generalização cartográfica depende de alguns fatores, são eles: (*Swiss Society of Cartography*, 1977).

- A origem do material fonte;
- A escala que determina o tamanho do objeto sobre a carta e conseqüentemente o seu grau de generalização;
- As condições especiais de legibilidade, que estão diretamente relacionadas à clareza durante a leitura da carta;
- A especificação de símbolos, definida no início do desenvolvimento do projeto da carta e influenciada pelo grau de generalização;
- A escolha das cores adequadas em relação ao tamanho dos símbolos e do meio de visualização;
- A capacidade técnica de reprodução que deve ser considerada durante o processo de generalização;
- A revisão posterior de forma cautelosa, de modo a evitar, durante o processo de generalização, a exclusão de elementos importantes ao propósito da carta.

McMASTER & SHEA (1992), definem a generalização cartográfica como os processos de derivar um conjunto de dados cartográficos simbolicamente ou digitalmente codificados pela aplicação de transformações espaciais e de atributos a uma fonte de dados. Esse conceito tem como referência as operações de transformações que manipulam a geometria e a semântica dos objetos. A manipulação geométrica das informações espaciais dos objetos trata de operadores geométricos, ou seja, aqueles operadores que realizam mudanças a partir de perspectiva geográfica e topológica. A manipulação semântica trata das informações conceituais dos objetos, ou seja, trata das transformações de atributo,

ou da mudança nos atributos semânticos ou conceituais dos objetos. Na Figura 8 apresentam-se exemplos da generalização cartográfica em cartas topográficas. Na Figura 8a observa-se congestionamento na representação do sistema viário quando ocorre a redução de escala. Na Figura 8b, observa-se novamente uma redução de escala, porém na escala original há uma seleção de informações.

FIGURA 08 - GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DO SISTEMA VIÁRIO



a)



b)

FONTE: *Swiss Society of Cartography* (1977)

Antes de se efetuar as operações referentes aos processos de generalização, é necessário decidir quais feições deverão ser representadas e quais não o serão. Para tanto, deve-se considerar a finalidade, a escala da carta a ser gerada e o formato do produto final, ou seja, impresso ou digital. O cartógrafo aplica sua experiência e seu conhecimento cartográfico acerca das feições presentes na carta original, bem como seus relacionamentos de hierarquia e dependência, e determina a maneira como serão representadas na nova escala, e por fim realiza as modificações. As operações de generalização em cartas topográficas são tarefas de tamanha complexidade que podem ser expressas com a frase atribuída a E. Von Sydow "*Somente aquele que é mestre sobre o assunto e pode desempenhar com suas mãos o que sua mente deseja, está habilitado a generalizar de forma correta*" (*Swiss Society of Cartography*, 1977).

Pode-se citar exemplos da presença da subjetividade e da não arbitrariedade no processo de generalização. É o caso da eliminação de um pequeno curso d'água na escala da carta. Se esta informação existir em uma região de grandes secas, o cartógrafo pode ser induzido a não eliminá-lo, para atender o objetivo final do usuário, mesmo que a regra utilizada para eliminar outros elementos do mesmo tipo tenha sido aplicada. O que afasta a idéia de ser arbitrário é o fato de, mesmo subjetivamente, respeita-se critérios e regras, ainda que baseadas na experiência de quem as executa (BRUNO *et al.*, 2005).

Com base nas definições citadas sobre generalização cartográfica pode-se concluir que esta surge da necessidade de se representar uma região em uma escala menor, e neste processo considera-se a finalidade da carta, a importância e a contribuição das informações com o uso da carta, a subjetividade no processo e as questões de legibilidade e da redução da complexidade.

2.3.1 Modelos Conceituais de Generalização Cartográfica

O processo de generalização cartográfica em ambiente digital teve início com o desenvolvimento de algoritmos, voltados à automatização das transformações de generalização. E durante a década de 80 foram propostos modelos que serviram como base para o entendimento dos diversos aspectos do processo de generalização, o que possibilita a definição das etapas envolvidas. (VIANNA, 1997)

Vários autores criaram modelos conceituais como tentativa de conceituar o processo de generalização (MCMASTER e SHEA, 1992). Estes modelos são importantes porque possibilitam uma visão histórica do entendimento e do desenvolvimento teórico da generalização cartográfica. Um dos primeiros modelos propostos para o processo de generalização cartográfica, não motivado pela necessidade de automatização do processo foi de Lech Ratajski, em seu trabalho intitulado, "*Phenomenes des points de generalisation*" (RATAJSKI, 1967 citado por MCMASTER & SHEA, 1992). Neste modelo são identificados dois tipos de processos: os processos quantitativos e os processos qualitativos. Os processos quantitativos tratam da gradual redução do conteúdo da carta em função da

redução de escala, neste caso o autor do modelo considera que o conteúdo também será reduzido se for necessário aumentar a legibilidade da carta; e os processos qualitativos, tratam da transformação de formas elementares de simbolização para formas mais abstratas, o que tem como resultado uma nova simbolização. O conceito principal deste modelo é o ponto de generalização, isto é, o ponto de redução de escala em que a comunicação da informação numa carta diminui a um nível tal que obriga uma mudança de representação da feição. Um exemplo pode ser um conjunto de casas individuais, representadas por símbolos pontuais, que passa a ser representado por um símbolo de área, representativo de uma zona residencial.

McMASTER & SHEA (1992) cita o modelo de NICKERSON E FREEMAN (1986) que introduz o conceito de carta intermediária. A carta original tem escala $1:m$, tamanho do símbolo a e a área dada pela largura (w) * altura (h). A carta intermediária é composta por feições modificadas pelas operações: eliminação, simplificação, combinação e conversão de tipo e por símbolos modificados por exagero k . O processo de generalização cartográfica é dividido em cinco etapas. A primeira etapa consiste na execução das quatro operações que modificam as feições e que produzem uma carta intermediária: eliminar as feições, na carta original, de forma a tornar proporcional a densidade das feições na carta final; simplificar para reduzir o número de pontos necessários na descrição das feições; combinar para formar novas feições; converter o tipo, isto é, converter polígono em ponto, e polígono em linha. A segunda etapa consiste em dimensionar os símbolos, exagerar seu tamanho segundo um fator k . Esta é a etapa que é produzida uma carta intermediária, na mesma escala e com a mesma área da carta original, mas com a simbologia ampliada. Na terceira etapa são corrigidas as deformações causadas pela ampliação dos símbolos. As deformações percebidas são, principalmente, junção e sobreposição de símbolos que são corrigidos com as operações de deslocamento das feições e posicionamento dos símbolos. A quarta etapa consiste na redução de escala da carta original que produz como resultado, uma carta já nas dimensões desejadas. A quinta etapa prevista consiste no posicionamento dos nomes na carta. O resultado deste conjunto de etapas

deve ser uma carta final generalizada na escala 1:km, com símbolo de tamanho a , e área $(w^*h)/k$.

McMASTER & SHEA (1992) cita que BRASSEL E WIEBEL (1988) desenvolveram um modelo no qual a generalização é assumida como um processo intelectual que estrutura a realidade de certas feições individuais, em que o cartógrafo seleciona aquelas que são importantes e as representa sob uma nova forma. Destacam-se 5 processos: o reconhecimento de estruturas, que identifica objetos e relações entre eles e estabelece medidas comparativas de importância; o reconhecimento de processos, que tem como finalidade definir o processo de generalização; a modelagem de processos, compilação de regras e procedimentos; a execução de processos, que consiste na realização da generalização da base de dados; e a visualização de dados, que compreende a conversão da base de dados generalizada em carta.

MULLER em 1989 propôs que se distinguisse generalização geométrica de generalização conceitual. As operações de simplificação, de ampliação e de deslocamento são as componentes essenciais da generalização geométrica, enquanto que a generalização conceitual compreende operações de seleção, de classificação e de simbolização (D'ALGE & GOODCHILD, 1996).

A generalização cartográfica como proposto por McMaster e Shea (McMASTER & SHEA, 1992) é tratada pelos autores como composta por três elementos principais. São eles: os objetivos filosóficos, ou seja, por que generalizar? a avaliação cartométrica, ou seja, quando generalizar? e as transformações espaciais e de atributos, ou como generalizar? Neste modelo são reconhecidos e explicitados os requisitos teóricos que justificam a realização do processo de generalização, que são a necessidade de manter eficiente o processo de comunicação cartográfica apesar da imposição de redução de escala de representação e de satisfazer os requisitos ou necessidades do usuário, e os requisitos computacionais como custo efetivo dos algoritmos, necessidade mínima de armazenamento em memória/disco.

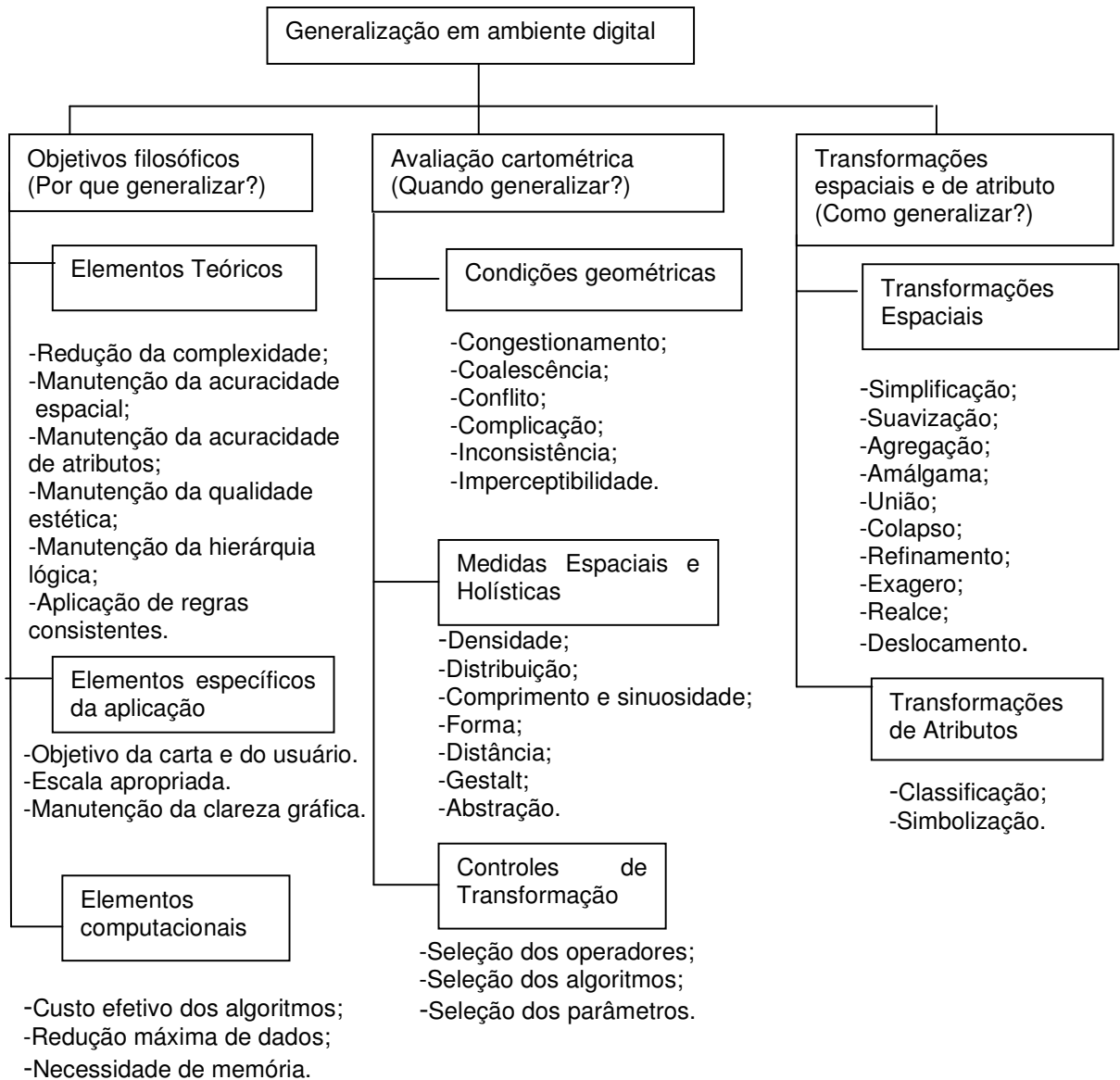
A avaliação cartométrica consiste na análise da necessidade de generalização, em termos de operações geométricas e semânticas, demandadas

pelo processo de mudança de escala, de modo a manter a eficiência do processo de comunicação cartográfica, ou seja, quando realizar a generalização. Os possíveis problemas são: congestionamento, que consiste numa alta densidade de símbolos em uma área da carta; coalescência que é aproximação excessiva entre símbolos; conflito que é a incompatibilidade entre a feição representada e o seu fundo; complicação ou dificuldade, caracterizada como a ambigüidade em desempenho ou na aplicação de técnicas de generalização como função daquelas condições específicas; inconsistência, caracterizada pela aplicação não uniforme das decisões que acarretam operações de generalização ao longo de uma dada área mapeada e imperceptibilidade, caracterizada por feições que estão abaixo do tamanho mínimo perceptível na carta.

A preocupação dos autores não foi conceituar modelos, mas sim realizar uma reflexão sobre o que está envolvido em um processo de generalização. Na Figura 09 apresenta-se o esquema integral do modelo conceitual de McMASTER & SHEA (1992).

Existem operadores para tratar dados geométricos e operadores para tratar dados de atributos. Há situações em que estes operadores são tratados de forma isolada e há situações em que devem, necessariamente, ser tratados de forma dependente. As transformações espaciais são realizadas pelos operadores que alteram a representação dos dados digitais do ponto de vista geográfico ou topológico, são os operadores de: simplificação, suavização, agregação, amalgamação, união, colapso, refinamento, exagero, realce, deslocamento. E as transformações de atributos manipulam as características secundárias dos elementos, são duas as transformações de atributos: classificação e simbolização. As definições são apresentadas no Quadro 01.

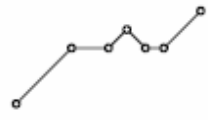


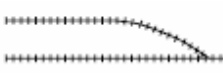


FIGURA 09 – MODELO CONCEITUAL MCMASTER & SHEA



FONTE: Adaptado de MCMASTER & SHEA (1992)

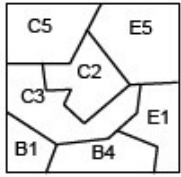
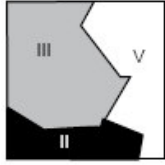
QUADRO 01 - DEFINIÇÃO DOS OPERADORES DE TRANSFORMAÇÃO ESPACIAL

| Operadores de Transformação Espacial | Carta original | Carta Generalizada |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Eliminação – elimina características das feições de forma seletiva para tornar proporcional a densidade das feições numa carta.</p> |  |  |
| <p>Amalgamação ou fusão - agrupa unidades de polígonos contíguos e elimina os espaços entre eles. O agrupamento deve preservar a característica da região após a redução de escala.</p> |  |  |
| <p>Colapso - trata das situações em que, sob redução de escala, as feições demandam por mudança dimensional. Na presença de redução de escala as feições de área podem eventualmente ter de ser representadas como pontos ou linhas.</p> |  |  |
| <p>Exagero - realizado quando uma feição sofre redução e desaparece, ou sua dimensão se torna menor que a resolução do sistema de visualização, e, no entanto, sua representação é imprescindível ao conjunto de feições da carta.</p> |  |  |
| <p>Deslocamento - realizado quando duas ou mais feições estão em conflito por proximidade, superposição, ou coincidência, para manter a distância mínima requerida pelo aspecto de legibilidade.</p> |  |  |
| <p>Agregação - representa como uma área contínua um grupo de feições pontuais individuais que são próximas.</p> |  |  |
| <p>Tipificação ou Refinamento – consiste na redução de detalhes excessivos, sem perder a característica da representação.</p> |  |  |
| <p>Simplificação – consiste na eliminação de pontos a partir da avaliação de sua importância para a manutenção das características, ou da forma descritiva das feições.</p> |  |  |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Suavização – consiste no deslocamento de coordenadas de elementos lineares de modo a remover pequenas perturbações, e manter apenas as tendências mais significativas da linha.</p> |  |  |
| <p>Unificação – consiste na redução da complexidade pelo agrupamento de feições lineares.</p> |  |  |
| <p>Realce - trata da componente de simbolização e não com as dimensões espaciais das feições embora exista algum realce espacial. Este realce de simbologia aplicado não é para exagerar seu significado, mas apenas para alcançar a representação da simbologia associada.</p> |  |  |

FONTE: adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

QUADRO 02 - DEFINIÇÃO DOS OPERADORES DE TRANSFORMAÇÃO DO ATRIBUTO

| Operadores de Transformação do Atributo | Carta original | Carta Generalizada |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Classificação – consiste no agrupamento de objetos em categorias de feições que compartilham atributos idênticos ou similares. Simbolização – consiste na mudança de escala de medida ou mudança do tipo de dado, ou ambos.</p> |  |  |

FONTE: adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

McMASTER & SHEA (1992), resumem as características das transformações geométricas e de atributos (Quadro 3). Nesse quadro apresentam os operadores, os tipos de dados (ponto, linha, área e volume) que são aplicáveis a cada operador e a característica resultante.

O reflexo da subjetividade envolvida na generalização cartográfica também está na ausência de formalismo único em questões sobre processos de generalização, onde é possível encontrar divergências em relação à definição dos operadores (VIANNA, 1997). Para a modelagem de qualquer trabalho que envolva os processos de generalização cartográfica é necessária a definição do conjunto de operadores. O modelo de McMASTER & SHEA (1992) apresenta-se completo,

com a definição de cada operador, e a apresentação das características das transformações envolvidas no processo.

QUADRO 03 - TRANSFORMAÇÕES ESPACIAIS E DE ATRIBUTOS

| Transformações espaciais e de atributo | Tipo | A | B | C | D | E |
|----------------------------------------|------------|-----|-----|---|---|---|
| Simplificação | L, A, V | - | X | X | X | X |
| Suavização | L, A, V | - | X | X | X | X |
| Agregação | P | X | - | X | X | X |
| Amalgamação e fusão | A | - | X | X | X | X |
| Unificação | L | X | - | - | X | X |
| Colapso | L, A | X | - | X | X | X |
| Refinamento | P, L, A, V | X | X | - | X | X |
| Exagero | L, A | - | X | X | X | X |
| Realce | L, A | - | X | X | X | X |
| Deslocamento | P, L, A | - | X | X | X | X |
| Classificação | P, L, A, V | N/A | N/A | X | X | X |
| Simbolização | P, L, A, V | N/A | N/A | X | X | X |

FONTE: adaptado de McMASTER & SHEA (1992)

NOTA: Tipo do dado: P= Ponto, L= Linha, A=área, V= volume e N/A = Não aplicável

A = mudança de simbologia

B = preservação da simbologia

C = dependência de outros operadores

D = mudança na escala de medida

E = mudança no tipo de dado

3. METODOLOGIA

Um esquema com a metodologia empregada neste trabalho para realizar-se a generalização cartográfica é apresentado na Figura 10. Primeiramente definiram-se as classes a serem generalizadas. Por ser tratar de uma base cartográfica urbana optou-se em utilizar as seguintes classes de feições: vias urbanas; quadras e lotes; edificações e toponímias. Após realizou-se a avaliação cartométrica, que consiste na identificação das condições geométricas que demandam generalização cartográfica. Nesta etapa do trabalho com o auxílio do programa Maxicad versão 32, as cartas na escala 1:2.000 sofreram redução de escala para 1:5.000 e 1:10.000, sem modificar a representação das feições. Essas cartas reduzidas foram impressas e identificadas situações em ocorrem problemas como congestionamento, coalescência, conflito, complicação e inconsistência para cada classe de feição analisada. Esta avaliação foi realizada com base no modelo conceitual de McMASTER & SHEA (1992) adaptada por FIRKOWSKI (2002) como apresentada na Figura 11.

Após esta etapa, definiu-se os operadores a serem aplicados para cada classe de feição de forma a solucionar os problemas encontrados conseqüentes da redução de escala. Os operadores utilizados neste trabalho foram: seleção/omissão, simplificação, agregação, realce, deslocamento, exagero e colapso. A definição dos operadores foi baseada na proposição de transformações espaciais e de atributos por McMASTER & SHEA (1992). Aplicou-se os operadores de generalização cartográfica para cada classe de feição nas cartas na escala 1:2.000. Essas operações foram feitas com o uso das ferramentas de edição disponíveis pelo programa Maxicad.

A generalização cartográfica das classes de feições representadas na escala 1:2.000 do acervo do Paranacidade para as escala 1:5.000 e 1:10.000 foram realizadas de formas distintas durante a mudança de escala. Há casos em que as feições sofreram somente redução de tamanho, pois não foram alterados a dimensão espacial, a definição conceitual e os atributos. Já as feições que podem sofrer mudanças de atributo e de escala de medida, passaram por um processo

de mudança de simbologia, com alterações no estilo dos traços, espessuras das linhas, tamanhos da fonte dos textos e cores, considerando os aspectos de comunicação relacionados à visibilidade e à legibilidade.

FIGURA 10 – ESQUEMA METODOLÓGICO PARA GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA APLICADA NESTE TRABALHO

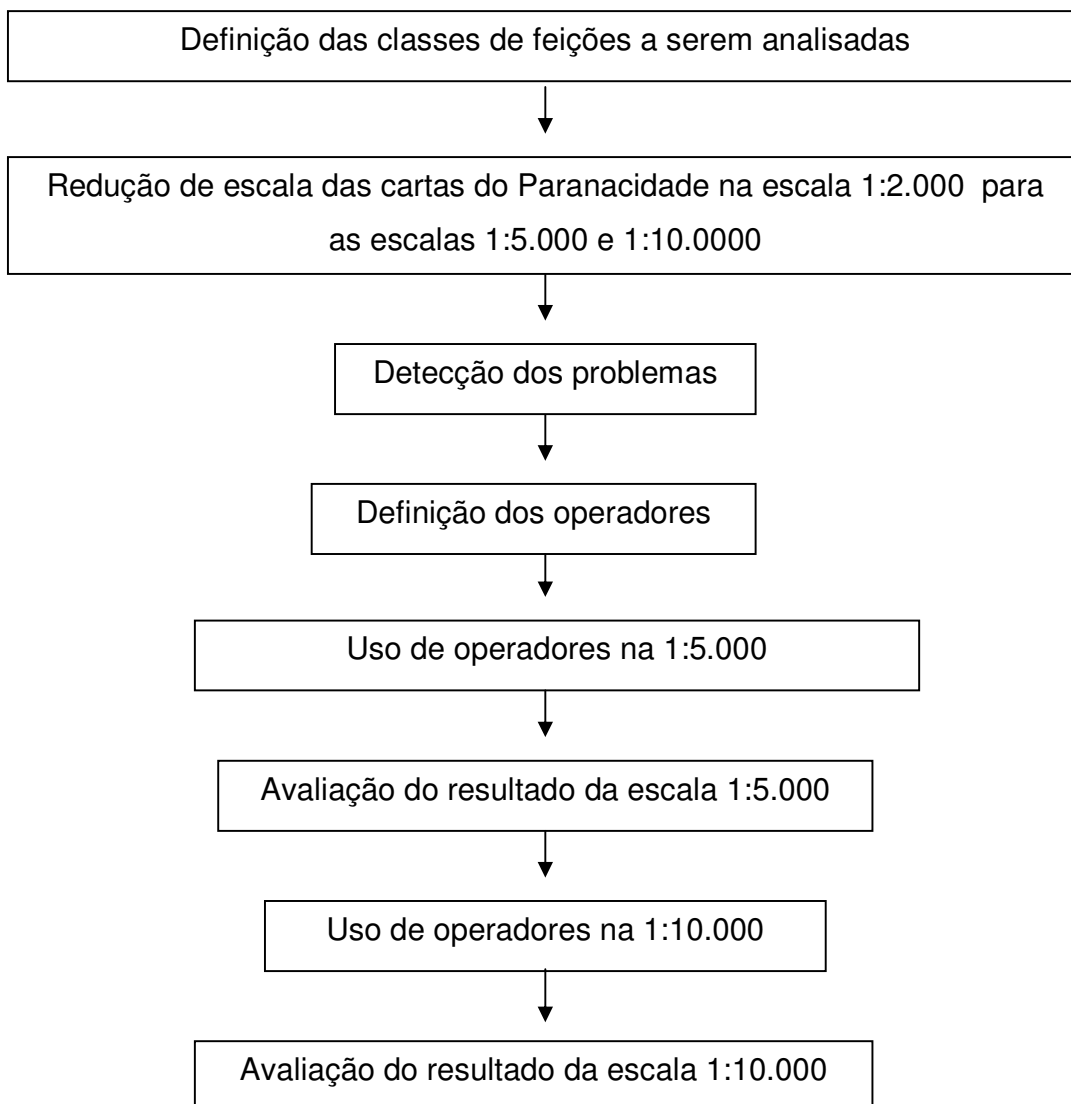
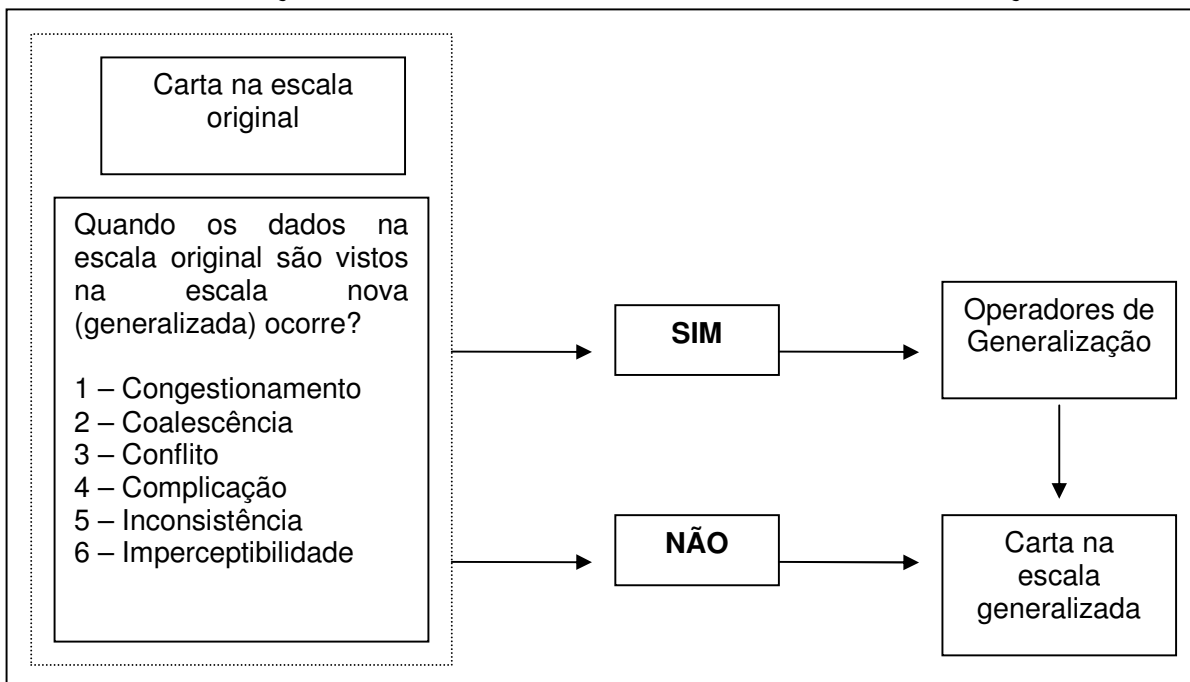


FIGURA 11 - CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS QUE DEMANDAM GENERALIZAÇÃO



FONTE: Adaptado de FIRKOWSKI (2002)

Uma das razões de se aplicar a generalização cartográfica está no fato de que a representação cartográfica deve ser adequada às necessidades do usuário portanto, nem tudo o que existe numa carta em determinada escala deve ser representado na escala menor. É parte do projeto cartográfico realizar as transformações nas feições para que a redução de escala não afete a legibilidade da carta. Desse modo procura-se nas cartas reduzir a complexidade, manter a representação dentro dos limites de acuracidade espacial, hierarquia semântica e a utilizar uma simbologia adequada. (SLOCUM, 1999)

Para atender a alguns desses requisitos, os aspectos de legibilidade e visibilidade das feições devem ser considerados. Quando a representação de um conjunto de feições for realizada em um espaço menor do que aquele em que já se encontra há perda de informação transmitida, e tornam-se necessárias algumas modificações na simbologia empregada. As feições representadas numa carta deverão ter um tamanho mínimo para transmitir a informação desejada ao usuário. Durante a generalização cartográfica, as mudanças na simbologia devem respeitar os tamanhos mínimos de modo a possibilitar a legibilidade e a visibilidade.

Nesse trabalho foram elaborados experimentos com o objetivo de avaliar a percepção de símbolos pontuais, lineares e de área utilizados para representar as feições de vias, edificações e as toponímias utilizadas na carta, cujo resultado auxiliou na mudança de simbologia das feições durante a generalização.

A construção do teste baseou-se na publicação *Cartographic Generalization* da Sociedade Suíça de Cartografia (*Swiss Society of Cartography*, 1977). Nessa publicação os autores afirmam que a redução dos símbolos deve ser feita enquanto for possível discriminá-los. A publicação apresenta uma lista de símbolos em preto e branco com os tamanhos mínimos. Um teste (ANEXO 01) foi elaborado com a utilização dos mesmos símbolos da publicação e a inclusão de outros símbolos pontuais, lineares e de área comuns nas cartas do Paranaidade. Para cada classe de feição foi construído um experimento, totalizando 10 experimentos para analisar a percepção visual de símbolos com usuários.






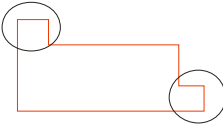


O Quadro 04 apresenta os tamanhos mínimos identificáveis segundo *Swiss Society of Cartography* (1977) e o Quadro 05 mostra os símbolos incluídos no teste.

QUADRO 04 - SÍMBOLOS GRÁFICOS PROPOSTOS EM *SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY* (1977)

| Símbolo | Tamanho mínimo segundo a Sociedade Suíça | Detalhe: |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ■ | 0,30mm | Comprimento do lado do quadrado preenchido |
| ● | 0,30mm | Diâmetro do círculo preenchido |
| ○ | 0,30mm | Diâmetro do círculo vazado |
| △ | 1,00mm | Comprimento do lado do triângulo vazado |
|  Espaçamento | 0,25mm | Espaçamento de símbolos de área |
| — — | 0,25mm | Espaçamento entre linhas contínuas |
| Texto | 1,20mm | Tamanho do texto |

FONTE: Adaptado de *Swiss Society of Cartography*, 1977

QUADRO 05 - SÍMBOLOS UTILIZADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL






| Símbolo | Detalhe |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|  | Linhas paralelas, com traços de 7mm e 0,5mm e espaçamento de 0,5mm |
|  | Linhas paralelas com um único traço de 6mm e espaçamento de 2mm |
|  | Linhas paralelas com traços de 7mm e espaçamento de 0,5mm |
|  | Linhas paralelas com traços de 2mm e espaçamento de 1mm |
|  | Espaçamento entre área e linha de 0,25mm |
|  | Área com detalhes no polígono com 0,3mm |
| AVENIDA MANOEL RIBAS | Texto na fonte <i>arial</i> |
| RUA MARECHAL DEODORO | Texto na fonte <i>time new roman</i> |
|  | Triângulo preenchido com 1,00mm de lado |
|  | Quadrado vazado com contorno em preto e vermelho de 0,3mm de lado |

3.1 EXPERIMENTOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL

3.1.1 Experimentos 01 a 05: Avaliação do espaçamento entre linhas para diferentes traços

Nas especificações adotadas na CTCG de categorias das feições cartográficas utilizadas pelo Paranaidade as vias são classificadas em via pavimentada e não pavimentada, com ou sem meio-fio e via em construção. A simbologia utilizada para cada categoria de via está apresentada no Quadro 06.

QUADRO 06 - REPRESENTAÇÃO DAS DIFERENTES CATEGORIAS DE VIAS

| Tipo | Símbologia | Detalhe |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1 |  | Via pavimentada com meio fio |
| 2 |  | Via pavimentada sem meio fio |
| 3 |  | Via não pavimentada com meio fio |
| 4 |  | Via não pavimentada sem meio fio |
| 5 |  | Via em construção |

Segundo as especificações do Paranacidade cada categoria de via utiliza um tipo diferente de traço. Cada um dos 5 experimentos analisou o espaçamento para cada tipo de traço. Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977), o espaçamento mínimo entre linhas contínuas é de 0,25mm e para verificar essa medida, construiu-se para cada tipo de traço utilizado pelo Paranacidade um experimento onde analisou-se qual espaçamento entre linhas paralelas o usuário consegue distinguir. As opções foram: 0,10; 0,20; 0,25; 0,30; 0,50; 0,70 e 1,00mm como observa-se na Figura 12.

FIGURA 12 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS PARA DIFERENTES TRAÇOS



3.1.2 Experimento 06: Avaliação do espaçamento entre feições de área e entre feições de área e feição de linha

Nas cartas do Paranaquidade as vias, edificações e quadras são representadas por feições de linhas e de áreas. Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977) o espaçamento mínimo perceptível entre área é de 0,25mm. Para avaliar esses espaçamentos perceptíveis entre símbolos de área e entre símbolo de área e linha, foram construídos 2 experimentos. Um experimento foi realizado para avaliar o espaçamento perceptível entre feições de áreas, e outro experimento para avaliar o espaçamento perceptível entre feição de linha e área. Foram apresentadas aos entrevistados 7 opções com espaçamentos de 0,05; 0,10; 0,15; 0,25; 0,30; 0,50 e 0,80mm entre feições de áreas e espaçamentos de 0,1; 0,15; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 e 0,70mm para feições de área e linhas como observa-se na Figura 13.

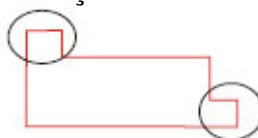
FIGURA 13 - OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE ÁREAS E ENTRE ÁREA E LINHA



3.1.3 Experimento 07: Avaliação do reconhecimento dos detalhes em feições de áreas

Nas cartas do Paranaidade, as edificações são representadas por feições de área e muitas dessas feições apresentam detalhes na sua forma. Foi construído um experimento que possibilitasse avaliar o tamanho mínimo numa feição de área, de maneira que os entrevistados conseguissem discriminá-lo. As opções apresentadas foram lados de 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 0,70 e 1,00mm numa feição de área (Figura 14).

FIGURA 14 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO RECONHECIMENTO DOS DETALHES EM FEIÇÕES DE ÁREAS



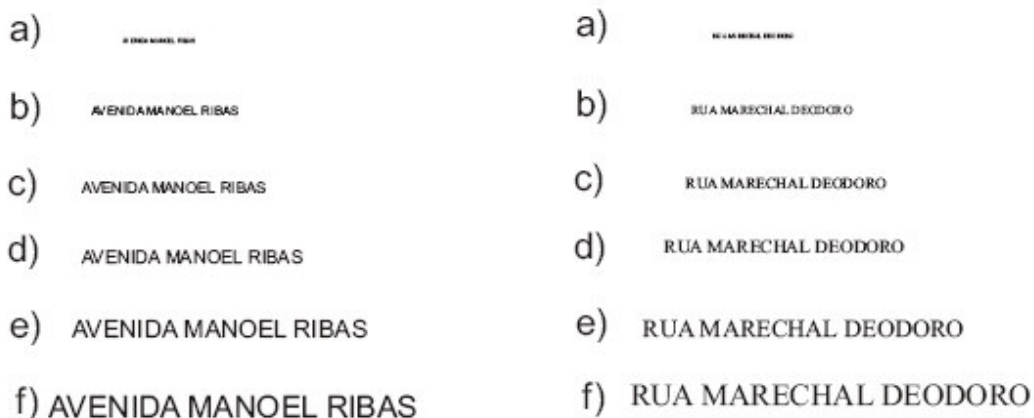
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

3.1.4 Experimentos 08 e 09: Avaliação da altura mínima de texto

Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977) a altura mínima das fontes que um usuário consegue ler é de 1,2mm. Segundo as especificações da CTCG, a altura utilizada para as fontes é de 1,5mm. Para avaliar a altura dos textos que um usuário é capaz de ler, sem realizar muito esforço, foram elaborados 2 experimentos, uma para cada tipo de fonte: *Arial* e *Times New Roman*. A escolha de duas diferentes fontes foi para verificar se há diferença na altura mínima de

texto para diferentes fontes. As alturas de textos testados nos experimentos foram 0,80; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 e 3,00mm (Figura15).

FIGURA 15 – OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA AVALIAÇÃO DO TAMANHO DE TEXTO



3.1.5 Experimento 10: Avaliação da discriminação de símbolos geométricos

Nas cartas são utilizados símbolos geométricos para representar, localizar feições ou para acompanhar informações das feições como altitudes, valores de desníveis. Neste último experimento avaliou-se os tamanhos mínimos que os entrevistados conseguem discriminar em símbolos geométricos. Os símbolos geométricos avaliados foram: quadrado, triângulo e círculo. Foram apresentadas opções para os círculos de diâmetros de: 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,50 e 0,80mm. Para os triângulos, as opções de medida de lados foram: 0,40; 0,50; 0,80; 1,00 e 1,50mm. E por fim, para os quadrados, as opções de medida de lados foram: 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 0,80; 1,00 e 1,50mm. Estes símbolos são apresentados na Figura 16.

FIGURA 16 - OPÇÕES DO EXPERIMENTO DA DISCRIMINAÇÃO DE SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS

A) Círculo sólido



B) Círculo vazado



C) Triângulo sólido



D) Triângulo vazado



E) Quadrado Sólido:



F) Quadrado Vazado:



G) Quadrado vazado:



Os resultados do teste foram utilizados na etapa seguinte da generalização, a aplicação dos operadores nas feições. Para cada classe de feição foram aplicados os operadores nas feições na escala 1:2.000. Após a operação o resultado foi impresso e avaliado na escala 1:5.000. Para a generalização da escala 1:10.000 aplicou-se os operadores nas feições na escala 1:5.000 e seu

resultado foi impresso na escala 1:10.000 e avaliado. Esses resultados foram impressos em papel para analisar os efeitos surgidos após o uso dos operadores de generalização para cada classe de feição. A aplicação dos operadores bem como o uso dos resultados do teste de percepção na generalização será visto no próximo capítulo.

4. GENERALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 TESTE COM USUÁRIOS NA PERCEPÇÃO DE SÍMBOLOS

Foram entrevistados 73 alunos do primeiro e do quarto ano do curso de graduação em Engenharia Cartográfica, alunos do curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e alunos do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR. O teste foi apresentado em folhas A4, com símbolos em preto e em vermelho num fundo branco, como são as cartas do acervo do Paranacidade.

O tempo médio de duração dos testes foi de 5 minutos e a média de idade dos entrevistados foi 24 anos. Cada entrevistado respondeu a um questionário em que informa se tem problemas visuais, quais são esses problemas e se no momento do teste usa óculos ou lentes de contato. Recomendou-se que os entrevistados com problemas visuais utilizassem lentes corretivas e todos que afirmaram ter problemas visuais utilizaram óculos ou lentes de contato para corrigir os problemas durante o teste.

Houve 2 casos de daltonismo que foram analisados separadamente dos outros entrevistados. Verificou-se que não houve nenhuma diferença e seus resultados foram, então, considerados juntamente com os outros entrevistados. Houve um caso de teste rasurado que não foi considerado na contagem dos resultados. Na Tabela 01 são apresentadas as quantidades de homens e mulheres, com ou sem problemas visuais que realizaram os testes.

TABELA 01 - QUANTITATIVO DE USUÁRIOS ENTREVISTADOS NO TESTE DE PERCEPÇÃO

| Características | Alunos de Graduação | Alunos de Pós em Graduação em Ciências Geodésicas | Alunos de Pós em Graduação em Recursos Hídricos e Ambiental | Total |
|------------------|---------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------|
| Homem | 25 | 12 | - | 37 |
| Mulher | 6 | 11 | 16 | 33 |
| Daltonismo | 1 | 1 | - | 2 |
| Testes ilegíveis | 1 | - | - | 1 |
| Total | 33 | 24 | 16 | 73 |

A seguir são apresentados os resultados dos experimentos do teste de percepção visual. Construíram-se tabelas com os quantitativos para cada opção apresentada aos entrevistados e em negrito se destaca a medida que obteve o maior número de escolhas.

4.1.1 Experimentos: 01 a 05: Avaliação do espaçamento entre linhas para diferentes traços

Com base nos resultados da percepção visual do espaçamento entre linhas paralelas de diferentes traços, pode-se afirmar que os espaçamentos são diferentes para cada tipo de traço conforme apresentada na Tabela 02. Os tipos de traços podem ser vistos no Quadro 6. Analisou-se que para os traços do tipo 1 e 3 a percepção de linhas paralelas ocorre com a distância de 0,20mm enquanto nos tipos 2, 4 e 5, é de 0,25mm. Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977), a percepção de entre linhas contínuas paralelas se dá na distância de 0,25mm.

4.1.2 Experimento 06: Avaliação do espaçamento entre áreas e entre área e linha

Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977), o espaçamento entre feições de área é de 0,25mm, e o experimento realizado confirma a mesma medida. A identificação do espaçamento entre feições de área, e entre feição de área e de linha, foram para ambos experimentos de 0,25mm. Os resultados podem ser vistos nas Tabelas 03 e 04.

4.1.3 Experimento 07: Avaliação do reconhecimento dos detalhes em feições de áreas

Esse experimento consistiu conhecer o tamanho mínimo de detalhe que o usuário é capaz de perceber numa feição de área, e constatou-se que o tamanho é de 0,3mm de lado, como pode ser visto na Tabela 05.

TABELA 02 - RESULTADOS DAS QUESTÕES RELACIONADAS À VISIBILIDADE DE DIFERENTES TIPOS DE LINHAS PARALELAS

| Medida (mm) | 1º teste | | Total | |
|-------------|----------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| Tipo 1 | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 16 | 24 | 40 | 57,1 |
| 0,25 | - | 3 | 3 | 4,3 |
| 0,30 | 3 | 9 | 12 | 17,1 |
| 0,50 | 3 | 3 | 6 | 8,6 |
| 0,70 | 1 | 2 | 3 | 4,3 |
| 1,00 | 1 | 5 | 6 | 8,6 |
| Tipo 2 | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 6 | 11 | 17 | 24,6 |
| 0,25 | 11 | 14 | 25 | 36,2 |
| 0,30 | 2 | 12 | 14 | 20,3 |
| 0,50 | 3 | 4 | 7 | 10,1 |
| 0,70 | - | 1 | 1 | 1,5 |
| 1,00 | 1 | 4 | 5 | 7,2 |
| Tipo 3 | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 16 | 24 | 40 | 58 |
| 0,25 | 1 | 8 | 9 | 13 |
| 0,30 | 2 | 5 | 7 | 10,1 |
| 0,50 | 4 | 4 | 8 | 11,6 |
| 0,70 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 1,00 | 2 | 1 | 3 | 4,3 |
| Tipo 4 | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 3 | 6 | 9 | 13 |
| 0,25 | 13 | 29 | 42 | 60,9 |
| 0,30 | 3 | 3 | 6 | 8,7 |
| 0,50 | 3 | 4 | 7 | 10,1 |
| 0,70 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 1,00 | 2 | 1 | 3 | 4,3 |
| Tipo 5 | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 3 | 8 | 11 | 16 |
| 0,25 | 13 | 28 | 41 | 59,4 |
| 0,30 | 5 | 2 | 7 | 10,1 |
| 0,50 | 1 | 2 | 3 | 4,3 |
| 0,70 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 1,00 | 2 | 3 | 5 | 7,2 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais
 SPV – Entrevistados sem problemas visuais

TABELA 03 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|-------------|---------------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| 0,05 | - | - | - | - |
| 0,10 | 1 | - | 1 | 1,4 |
| 0,15 | 2 | 8 | 10 | 14,5 |
| 0,25 | 15 | 30 | 45 | 65,2 |
| 0,30 | - | 2 | 2 | 2,9 |
| 0,50 | 2 | 3 | 5 | 7,2 |
| 0,80 | 4 | 2 | 6 | 8,7 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais
 SPV – Entrevistados sem problemas visuais

TABELA 04 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE FEIÇÕES DE ÁREA E LINHA

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|-------------|---------------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,15 | 10 | 9 | 19 | 27,6 |
| 0,25 | 13 | 22 | 34 | 49,3 |
| 0,30 | 1 | 2 | 3 | 4,3 |
| 0,40 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 0,50 | 3 | 3 | 6 | 8,7 |
| 0,70 | 3 | 1 | 5 | 7,2 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais
 SPV – Entrevistados sem problemas visuais

TABELA 05 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DE DETALHES NAS FORMAS DE FEIÇÕES DE ÁREA

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|-------------|---------------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| 0,10 | - | 1 | 1 | 1,4 |
| 0,20 | 4 | 12 | 16 | 23,2 |
| 0,30 | 12 | 20 | 32 | 46,4 |
| 0,50 | 5 | 6 | 11 | 16 |
| 0,70 | 2 | 4 | 6 | 8,7 |
| 1,00 | 1 | 2 | 3 | 4,3 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais
 SPV – Entrevistados sem problemas visuais

4.1.4 Experimentos: 08 e 09: Avaliação dos testes de altura mínima de texto

Estes dois experimentos analisaram as alturas mínimas de textos que os entrevistados conseguem ler. Foram testados 2 tipos de fontes: *arial* e *times new roman*. Constatou-se que as alturas mínimas das duas fontes foram de 1,0mm, o que contrasta tanto com a *Swiss Society of Cartography* (1977) que apresenta que o tamanho mínimo de texto de 1,2mm, quanto com a medida segundo a CTCG que utiliza nas cartas do Paranaidade a altura de 1,5mm. Os resultados podem ser vistos na Tabela 06.

TABELA 06 - RESULTADOS DA PERCEPÇÃO DE TAMANHO MÍNIMO DE TEXTOS

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|------------------------------|---------------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| <i>Fonte: Arial</i> | | | | |
| 0,80 | 7 | 18 | 25 | 36,3 |
| 1,00 | 15 | 26 | 41 | 59,4 |
| 1,50 | 2 | - | 2 | 2,9 |
| 2,00 | - | - | - | - |
| 2,50 | 1 | - | 1 | 1,4 |
| 3,00 | - | - | - | - |
| <i>Fonte: Time Nem Roman</i> | | | | |
| 0,80 | 5 | 14 | 19 | 27,6 |
| 1,00 | 15 | 29 | 44 | 63,8 |
| 1,50 | 2 | 1 | 3 | 4,3 |
| 2,00 | 2 | - | 2 | 2,9 |
| 2,50 | 1 | - | 1 | 1,4 |
| 3,00 | - | - | - | - |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais

SPV – Entrevistados sem problemas visuais

4.1.5 Experimento 10: Avaliação dos testes de discriminação de símbolos geométricos

Na Tabela 07 apresenta-se os resultados dos testes de discriminação entre círculos preenchidos e vazados. As maiorias dos entrevistados discriminaram a partir do mesmo tamanho de diâmetro para os dois círculos. Constatou-se que o resultado do experimento do círculo sólido foi mais disperso, isto é, os

entrevistados escolheram várias opções enquanto no experimento do círculo vazado se concentraram em somente três opções. Isso se deve ao fato de que o círculo sólido pode ser confundido com um ponto, e levou alguns entrevistados a procurar por um círculo sólido, e outros a um ponto. No experimento de círculo sólido, o diâmetro mínimo de 0,5mm foi de 36,2% dos entrevistados enquanto o círculo vazado o mesmo tamanho representou 68,2%. Segundo a *Swiss Society of Cartography* (1977) o diâmetro mínimo de um círculo vazado é de 0,3mm.

TABELA 07 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO DIÂMETRO MÍNIMO DO CÍRCULO

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|----------------|---------------|-----|-------|------|
| | SPV | CPV | | % |
| Círculo sólido | | | | |
| 0,05 | 5 | 7 | 12 | 17,4 |
| 0,08 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 0,10 | - | 2 | 2 | 2,9 |
| 0,15 | 2 | - | 2 | 2,9 |
| 0,20 | 1 | 4 | 5 | 7,2 |
| 0,30 | 4 | 8 | 12 | 17,4 |
| 0,50 | 10 | 15 | 25 | 36,3 |
| 0,80 | 2 | 7 | 9 | 13 |
| Círculo vazado | | | | |
| 0,05 | - | - | - | - |
| 0,08 | - | - | - | - |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,15 | - | - | - | - |
| 0,20 | - | - | - | - |
| 0,30 | 3 | 12 | 15 | 21,7 |
| 0,50 | 20 | 27 | 47 | 68,2 |
| 0,80 | 2 | 5 | 7 | 10,1 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais

SPV – Entrevistados sem problemas visuais

Os testes de discriminação dos triângulos sólidos e vazados apontaram para um tamanho mínimo de lado de 0,8mm conforme pode ser visto na Tabela 08. Observa-se que o lado de 0,5mm do triângulo, em ambos, foi uma medida representativa, com 27,5% para o sólido e 30,4% para o vazado. Segundo *Swiss Society of Cartography* (1977) o reconhecimento do triângulo vazado é dado a partir do comprimento mínimo de lado de 1,0mm.

Nos testes de discriminação do menor tamanho do quadrado sólido identificado foi o mesmo definido em *Swiss Society of Cartography* (1977), que é de 0,3mm, representado por 46,3% dos entrevistados. Porém para os quadrados vazados o tamanho foi de 0,5mm de comprimento de lado, independente da cor. A Tabela 09 apresenta o resultado do teste de percepção para o símbolo quadrado. Deve-se observar que para os quadrados vazados, a medida anterior obteve uma quantidade representativa de 37,7% para o quadrado vazado na cor preta e 32% para o quadrado vazado na cor vermelha.

O Quadro 07 apresenta os resultados encontrados nos experimentos e que foram utilizados no redimensionamento dos símbolos durante a generalização cartográfica.

TABELA 08 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO TAMANHO MÍNIMO DO TRIÂNGULO

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|------------------|---------------|-----|-------|------|
| | CPV | SPV | | % |
| Triângulo Sólido | | | | |
| 0,40 | 2 | 13 | 15 | 21,7 |
| 0,50 | 7 | 12 | 19 | 27,5 |
| 0,80 | 13 | 12 | 25 | 36,3 |
| 1,00 | 2 | 6 | 8 | 11,6 |
| 1,50 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| Triângulo Vazado | | | | |
| 0,40 | 2 | 6 | 8 | 11,6 |
| 0,50 | 7 | 14 | 21 | 30,4 |
| 0,80 | 12 | 19 | 31 | 45 |
| 1,00 | 2 | 3 | 5 | 7,2 |
| 1,50 | 2 | 2 | 4 | 5,8 |

NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais









SPV – Entrevistados sem problemas visuais

TABELA 09 - RESULTADO DA PERCEPÇÃO DO TAMANHO MÍNIMO DO QUADRADO

| Medida (mm) | Entrevistados | | Total | |
|----------------------------|---------------|-----|-------|------|
| | CPV | SPV | | % |
| Quadrado sólido | | | | |
| 0,10 | 1 | 2 | 3 | 4,3 |
| 0,20 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 0,30 | 10 | 22 | 32 | 46,4 |
| 0,50 | 9 | 12 | 21 | 30,5 |
| 0,80 | 3 | 6 | 9 | 13,0 |
| 1,00 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 1,50 | - | - | - | - |
| Quadrado vazado – preta | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 1 | - | 1 | 1,4 |
| 0,30 | 6 | 20 | 26 | 37,7 |
| 0,50 | 14 | 20 | 34 | 49,3 |
| 0,80 | 2 | 4 | 6 | 8,7 |
| 1,00 | 1 | - | 1 | 1,4 |
| 1,50 | - | 1 | 1 | 1,4 |
| Quadrado vazado – vermelha | | | | |
| 0,10 | - | - | - | - |
| 0,20 | 1 | 1 | 2 | 2,9 |
| 0,30 | 5 | 17 | 22 | 32 |
| 0,50 | 13 | 22 | 35 | 50,7 |
| 0,80 | 3 | 3 | 6 | 8,7 |
| 1,00 | 3 | - | 3 | 4,3 |
| 1,50 | - | 1 | 1 | 1,4 |






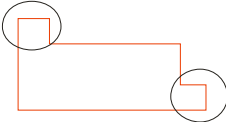







NOTA: CPV – Entrevistados com problemas visuais
 SPV – Entrevistados sem problemas visuais

QUADRO 07 - RESULTADOS DOS TAMANHOS MÍNIMOS DO TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL

| Símbolo | Detalhe | Tamanho mínimo (mm) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
|  | Via pavimentada com meio fio | 0,20 |
|  | Via pavimentada sem meio fio | 0,25 |
|  | Via não pavimentada com meio fio | 0,20 |
|  | Via não pavimentada sem meio fio | 0,25 |
|  | Via em construção | 0,25 |
|  | Espaçamento entre áreas | 0,25 |
|  | Espaçamento entre áreas e linha | 0,25 |
|  | Detalhes na forma de áreas | 0,30 |
| AVENIDA MANOEL RIBAS | Letra fonte <i>arial</i> | 1 |
| RUA MARECHAL DEODORO | Letra fonte <i>times new roman</i> | 1 |
| • | Círculo preenchido (diâmetro) | 0,50 |
| ◦ | Círculo vazado (diâmetro) | 0,50 |
| ▲ | Triângulo sólido (lado) | 0,80 |
| ◀ | Triângulo vazado (lado) | 0,80 |
| ■ | Quadrado sólido (lado) | 0,30 |
| ◼ | Quadrado vazado preto (lado) | 0,50 |
| ◻ | Quadrado vazado vermelho (lado) | 0,50 |

No QUADRO 08 apresenta-se os resultados do teste de percepção e as medidas apresentadas pela *Swiss Society of Cartography* (1977).

QUADRO 08 – COMPARAÇÃO ENTRE O RESULTADO DO TESTE E AS MEDIDAS DA SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY

| Símbolo | Detalhe | Resultado do teste | Segundo Swiss Society of Cartography (mm) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|
|  | Via pavimentada com meio fio | 0,20 | 0,25 |
|  | Via pavimentada sem meio fio | 0,25 | - |
|  | Via não pavimentada com meio fio | 0,20 | - |
|  | Via não pavimentada sem meio fio | 0,25 | - |
|  | Via em construção | 0,25 | - |
|  | Detalhes nos lados de feições de áreas | 0,30 | - |
| AVENIDA MANOEL RIBAS | Letra fonte <i>arial</i> | 1,0 | 1,20 |
| RUA MARECHAL DEODORO | Letra fonte <i>times new roman</i> | 1,0 | 1,20 |
|  | Círculo sólido | 0,50 | - |
|  | Círculo vazado | 0,50 | 0,30 |
|  | Triângulo sólido | 0,80 | |
|  | Triângulo vazado | 0,80 | 1,00 |
|  | Quadrado sólido preto | 0,30 | 0,30 |
|  | Quadrado Vazado preto | 0,50 | - |
|  | Quadrado vazado vermelho | 0,50 | - |

4.2 GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

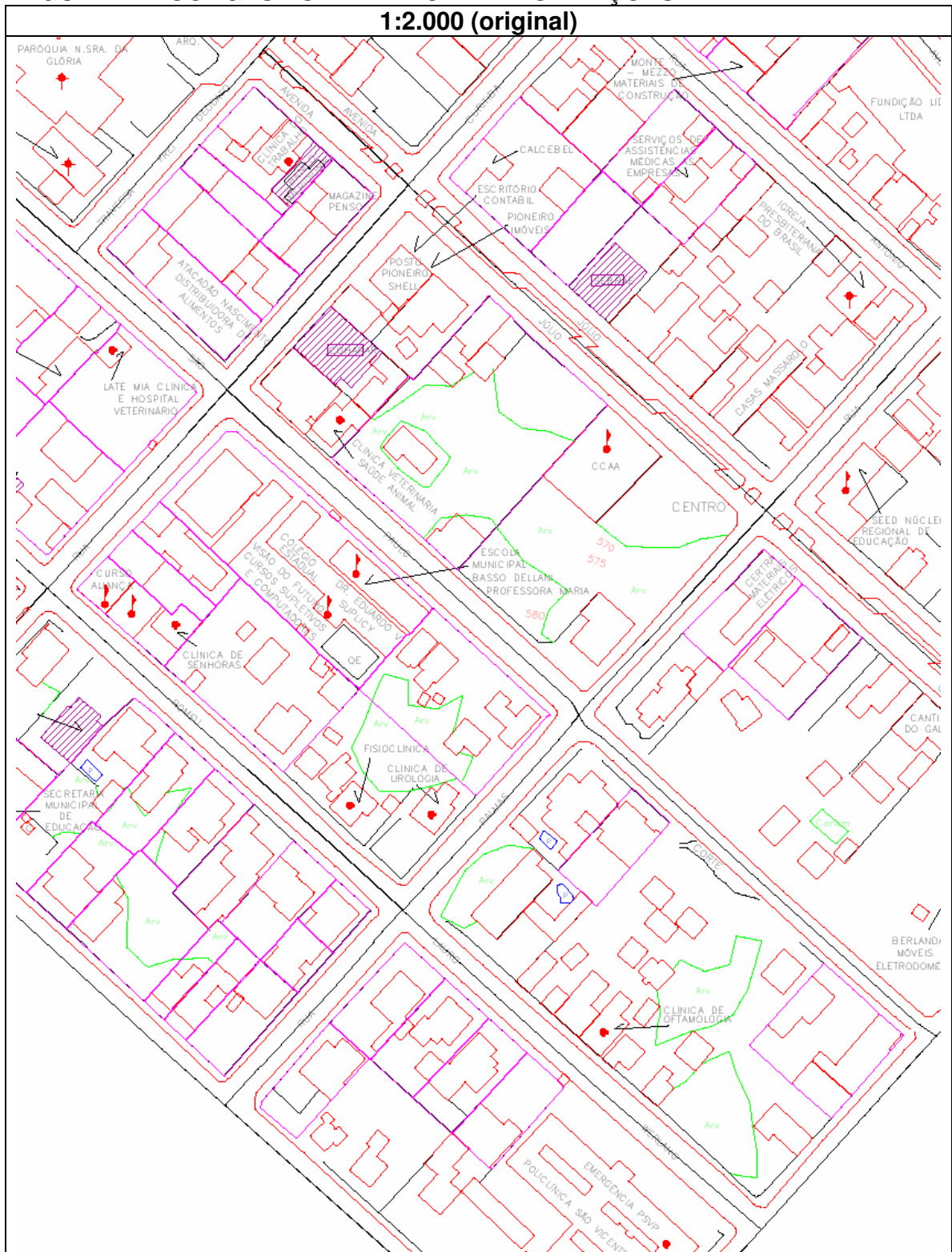
A seguir apresenta-se a generalização cartográfica das classes de feições vias urbanas, edificações, quadra e lotes e as toponímias.

4.2.1 Generalização Cartográfica das vias urbanas

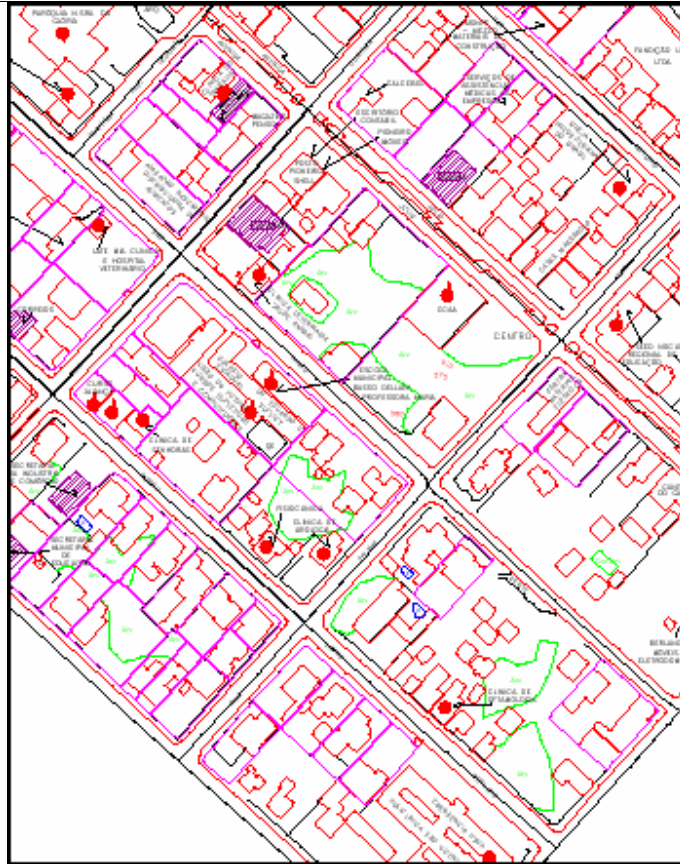
Foram trabalhadas nessa etapa as classes das feições de vias, pontes e viadutos, túneis e trincheiras, canteiros, rotatórias e cruzamentos. A Figura 17 apresenta o resultado da redução da escala 1:2.000 para as escalas 1:5.000 e 1:10.000. Na escala original e na redução para a escala 1:5.000, as quadras e as vias são legíveis, e é possível perceber coalescência e o congestionamento de informações na redução de escala para 1:10.000.

Essas feições são visíveis tanto na escala original quanto nas reduzidas, porém a simbologia utilizada para cada categoria na escala reduzida não permite a distinção clara das categorias. Isso pode ser visto na Figura 18, onde há 3 classes de vias e suas reduções nas escalas. Observa-se que à medida que se reduz a escala, aumenta a dificuldade em se distinguir as diferentes vias e seus traços. Outra classe de feição que deve ser tratada é a classe rodovias, que geralmente apresenta largura maior que as vias urbanas e são visíveis tanto na escala original quanto nas escalas reduzidas.

FIGURA 17 - CONGESTIONAMENTO DE INFORMAÇÕES
1:2.000 (original)



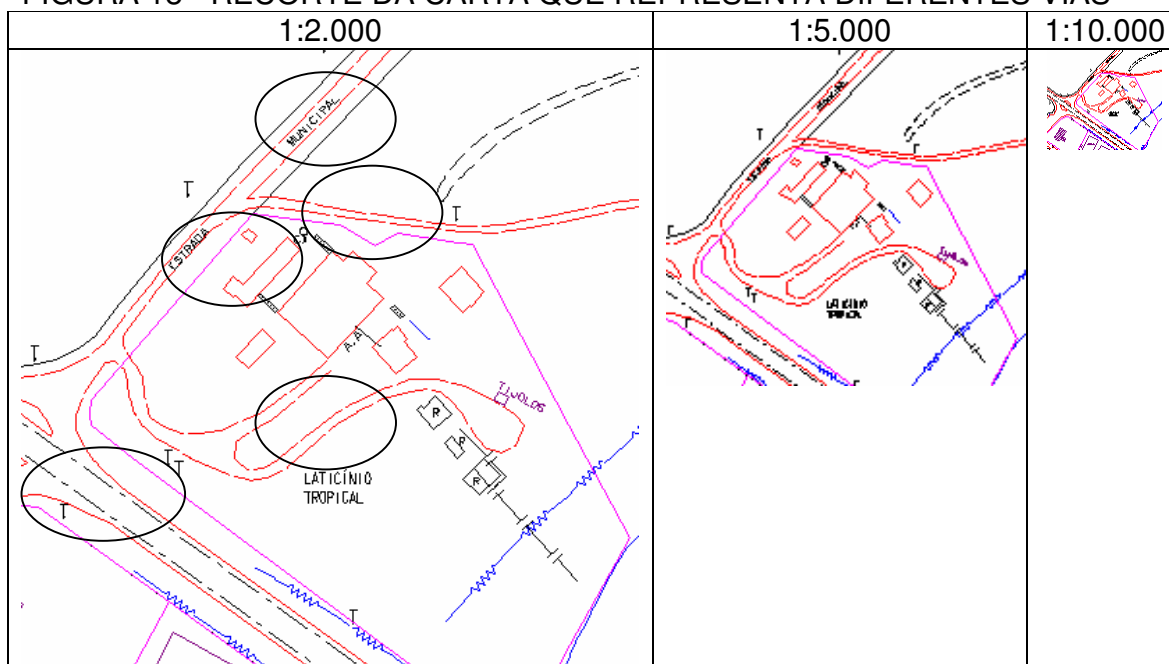
1:5.000



1:10.000



FIGURA 18 - RECORTE DA CARTA QUE REPRESENTA DIFERENTES VIAS

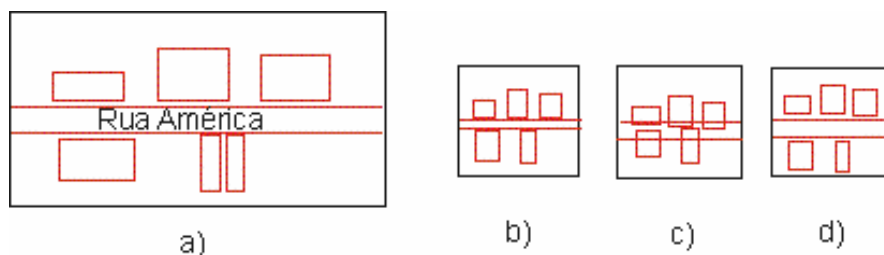


Segundo ROBINSON & LEE (1994), a generalização das vias urbanas tem efeito sobre outras feições na carta, de modo que deve ter prioridade. Assim, a classe vias foi a primeira sofrer aplicações dos operadores de generalização nesse trabalho.

Segundo os resultados do teste de percepção, o espaçamento de linhas paralelas é perceptível aos usuários a partir de 0,20mm. O espaçamento entre as vias é visto após as reduções de escala independentemente da escala de visualização pois tem valor acima do mínimo identificável (0,20mm). Mas deve-se considerar na generalização, que as vias acompanham outras informações, como canteiros e toponímias, e o espaçamento deve ser o suficiente para representar essas informações de forma a não dificultar a leitura pelo usuário, e na sua generalização pode se aplicar um ajuste na largura entre traços. Para a representação apropriada dessas feições, as vias devem receber o tratamento da generalização e propõem-se as operações de exagero e deslocamento, como pode ser visto na Figura 19. Nessa figura, a etapa (a) é a situação inicial; (b) após a carta é reduzida a uma escala menor; (c) é aplicado o operador exagero para a

rua a partir do seu eixo; (d) após desloca-se as edificações e por fim o resultado da carta generalizada. Esse exagero deve considerar as informações que são representadas entre as linhas paralelas.

FIGURA 19 – DESLOCAMENTO DE EDIFICAÇÕES DEVIDO AO PROCESSO DE GENERALIZAÇÃO



FONTE: BERNARD (1998)

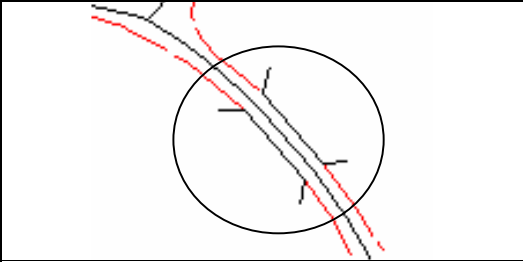
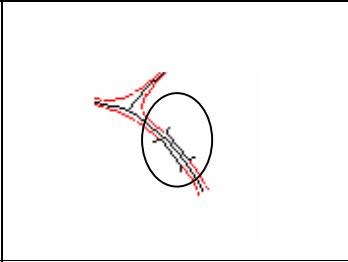
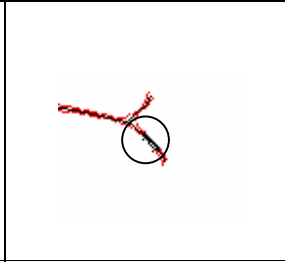
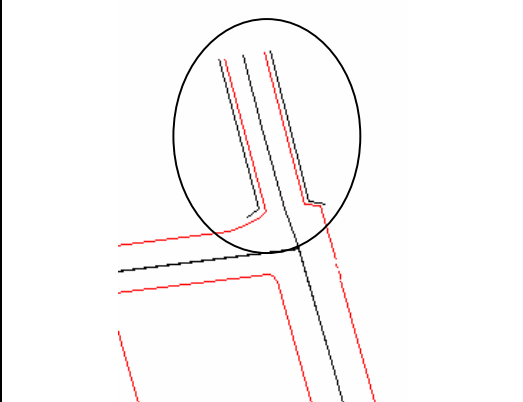
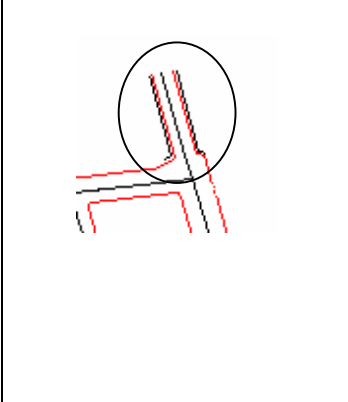
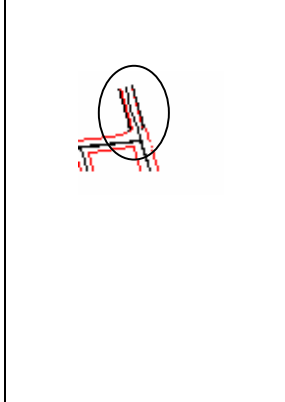
As rodovias passam pelos mesmos operadores por se tratar de uma via, e é representada também por símbolos lineares. Porém, pode-se propor um fator de exagero na largura das vias quando for necessário distinguir as diferentes larguras das vias urbanas.

As pontes, viadutos, trincheiras e túneis são feições importantes do sistema viário. Utilizam-se símbolos para representar esses elementos na carta, conforme o Quadro 09. Na escala original estas feições são representadas de forma legível, porém nas reduções da carta para as escalas menores são afetadas por problemas de legibilidade. Para a escala 1:5.000 ocorre coalescência do símbolo do túnel ou trincheira com as vias, já na redução para a escala 1:10.000 se tornam imperceptíveis, essas situações são vistas na Figura 20.

QUADRO 09 - SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA PONTES, VIADUTOS, TUNEIS, TRINCHEIRAS

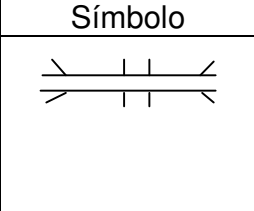
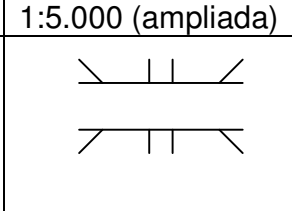
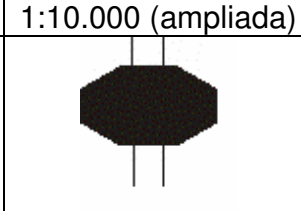
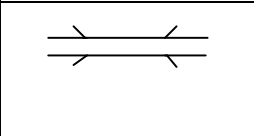
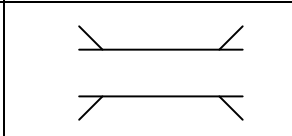
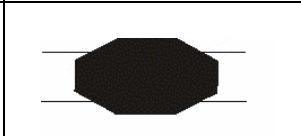
| Feição | Símbolo |
|----------------------|---------|
| Pontes e viadutos | |
| Túneis e trincheiras | |

FIGURA 20 - REDUÇÃO DE ESCALA NA SIMBOLOGIA TÚNEL/TRINCHEIRA

| 1:2.000 | 1:5.000 | 1:10.000 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
|  |  |  |

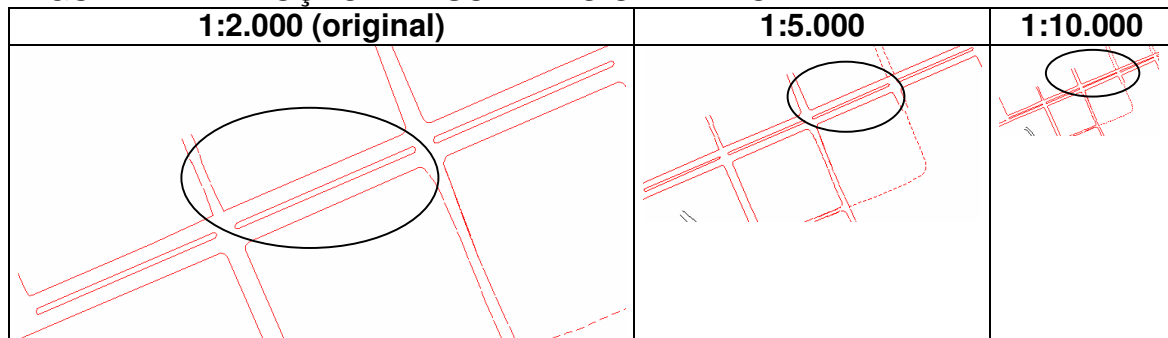
Propõe-se que os símbolos das feições ponte, viaduto, trincheira e túneis passem pelos seguintes operadores: deslocamento e exagero (1:5.000) e para a generalização na escala 1:10.000, será necessário exagerar até alcançar o tamanho necessário para a representação da simbologia. Na Figura 21 é possível ver o resultado da generalização para cada escala.

FIGURA 21 - TRANSFORMAÇÕES CONFORME A ESCALA

| Feição | Símbolo | 1:5.000 (ampliada) | 1:10.000 (ampliada) |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Pontes e viadutos |  |  |  |
| Túneis e trincheiras |  |  |  |

Os canteiros são obras ligadas às vias urbanas e são importantes elementos do sistema viário. A Figura 22 apresenta o canteiro que, na escala original, tem a forma identificável, porém na redução para a escala 1:5.000 as faixas que formam os canteiros sofrem coalescência e quando reduzidas para a escala 1:10.000 a espessura do canteiro fica tão reduzida que é percebida como linha. O efeito que isso proporciona na imagem é de realce, pois a linha fica mais espessa e a feição se sobressai na imagem.

FIGURA 22 - REDUÇÃO DE ESCALA DO CANTEIRO



Propõem-se a aplicação dos operadores de colapso e exagero nas feições de canteiros. Assim, essas feições sofrem mudanças na dimensão sem perder a característica da forma do canteiro. Optou-se por realizar um colapso, isto é, mudar a dimensão da sua representação para um símbolo linear e após aplicar o exagero para que essa informação possa ser enfatizada. As etapas podem ser vistas nas Figuras 23 e 24.

FIGURA 23 - ETAPAS PARA GENERALIZAÇÃO DOS CANTEIROS – EXEMPLO 02 (ESCALA AMPLIADA)

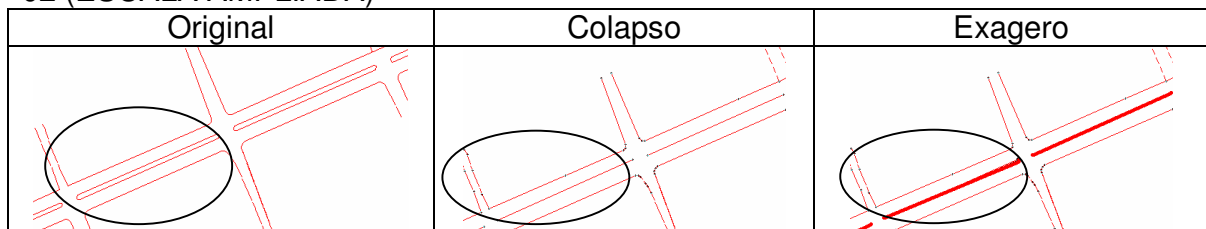
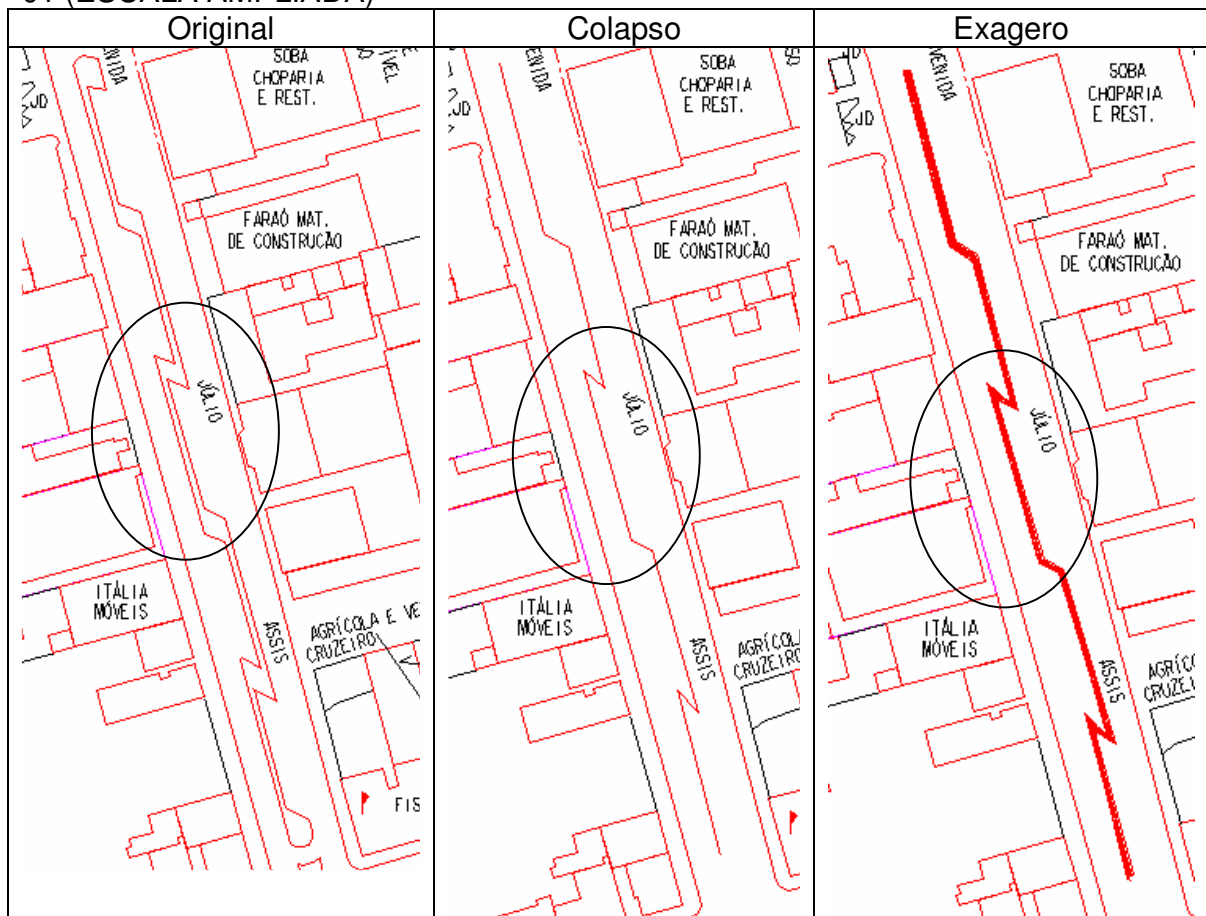


FIGURA 24 - ETAPAS PARA GENERALIZAÇÃO DOS CANTEIROS - EXEMPLO 01 (ESCALA AMPLIADA)



As rotatórias e os cruzamentos são vias que possuem detalhes importantes para o tráfego. Observa-se na Figura 25 uma representação de uma rotatória de forma circular, com canteiros interiores. Nas escalas reduzidas, esses mesmos canteiros se tornam imperceptíveis, e as vias formadoras da rotatória se fundem em uma só, isto é, tornam-se coalescentes. A Figura 26 apresenta canteiros internos no cruzamento, na escala original esse detalhe é visto, porém com a aplicação de reduções de escala esses detalhes ficam imperceptíveis.

FIGURA 25 - REDUÇÃO DE ESCALA DE ROTATÓRIA

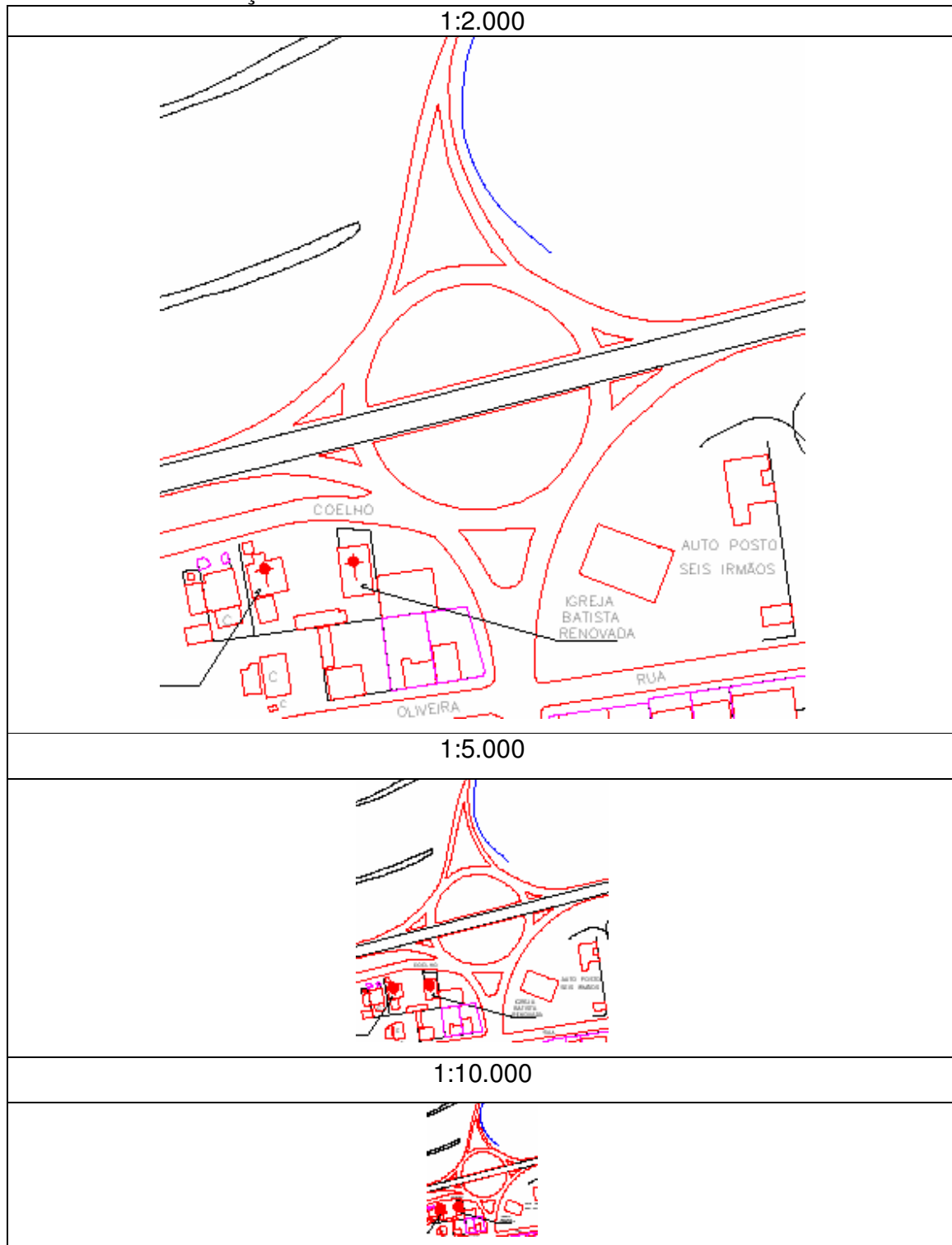
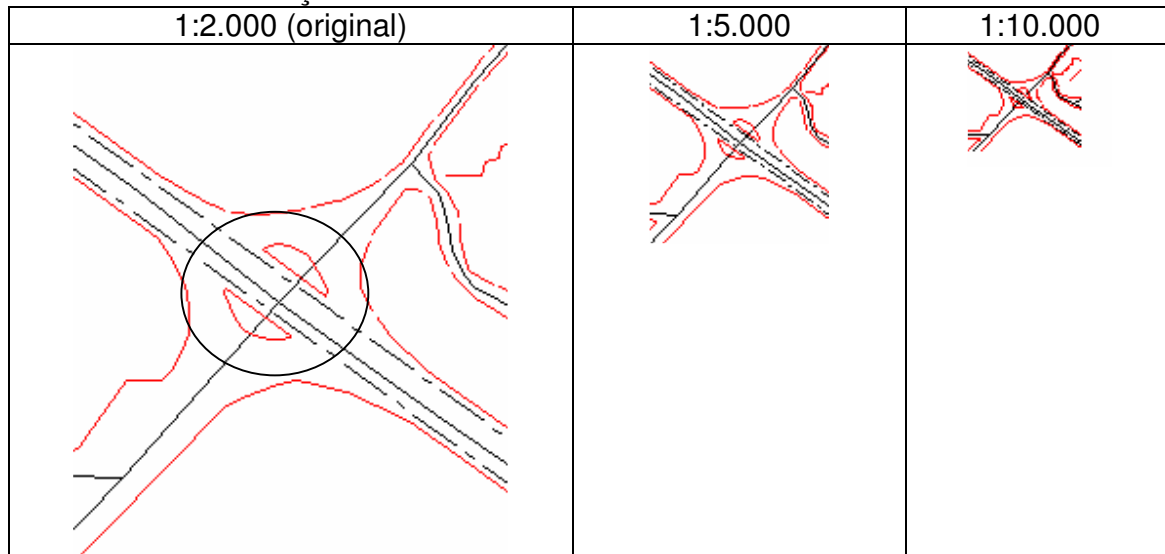


FIGURA 26 - REDUÇÃO DE ESCALA DE ROTATÓRIA E CRUZAMENTO

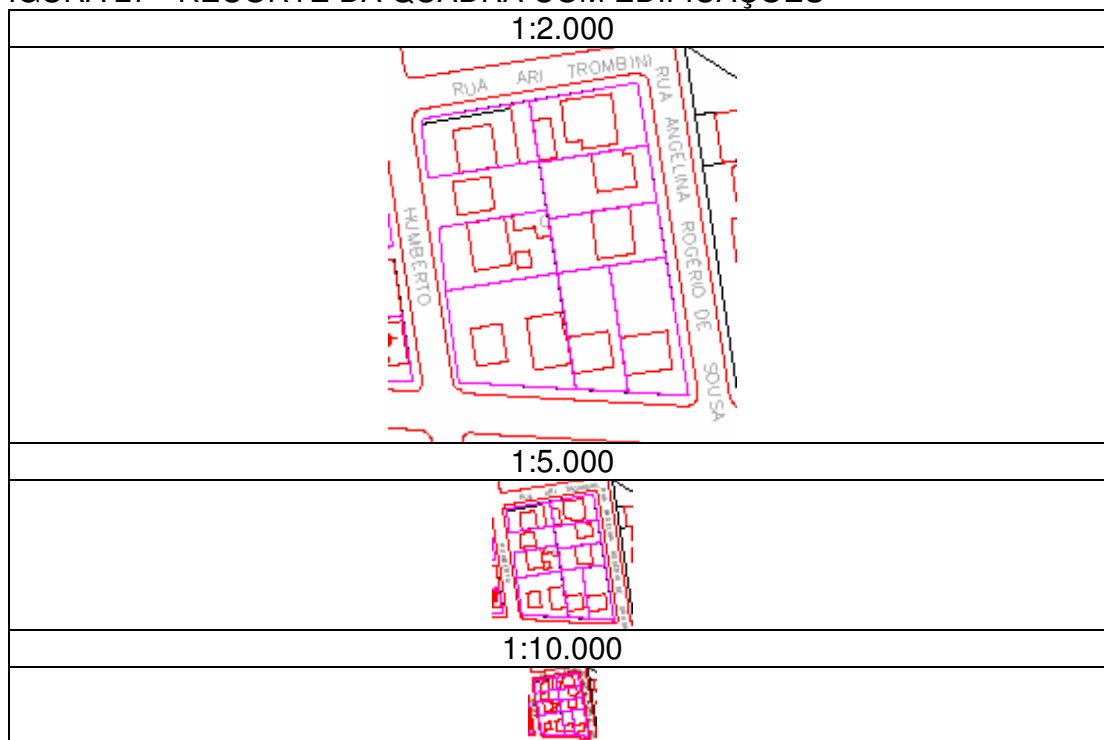


Essas feições devem ser enfatizadas após a redução de escala. Sugere-se para a generalização cartográfica a aplicação dos seguintes operadores: seleção e eliminação, e exagero. Serão eliminados pequenos detalhes que são imperceptíveis e após será aplicado o exagero de forma a enfatizar as rotatórias.

4.2.2 Generalização Cartográfica das Edificações

Na tabela da CTCG de categorias das feições cartográficas para escala 1:2.000 classificam-se as feições de edificações em residenciais, comerciais, industriais, administração pública, edificações de cemitérios, escolas, igrejas, hospitais. Na escala 1:2.000, a maioria das edificações são legíveis, porém é possível encontrar edificações com dimensões abaixo do tamanho mínimo de visibilidade. Quando reduzidas para escala 1:5.000, um maior número de edificações se tornam imperceptíveis como visto na Figura 27. À medida que se reduz a escala, ocorre congestionamento com a união de feições próximas às edificações; detalhes nos limites das edificações se tornam imperceptíveis; suas toponímias que estão dentro de seus limites ou próximas se tornam ilegíveis; e ocorre uma proximidade excessiva com os limites de seus lotes e os outros elementos que compõem a carta, e na redução para a escala 1:10.000 muitas edificações tornam-se imperceptíveis

FIGURA 27 - RECORTE DA QUADRA COM EDIFICAÇÕES



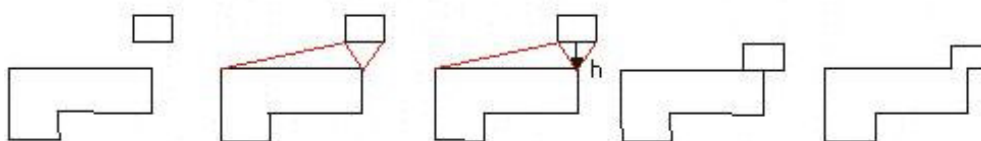
Foram aplicados os seguintes operadores: seleção ou eliminação, simplificação, agregação, deslocamento e exagero. No processo de seleção, a cada elemento foi atribuído um grau de importância, que serviu de base para sua representação ou eliminação na escala destino. MORRISON (1975), sugere utilizar como critérios de grau de importância, o tamanho, a proximidade e a combinação de tamanho com proximidade. Segundo ROBINSON e LEE (1994), se uma edificação tem dimensão menor do que um tamanho estipulado (dimensão ou área) ela pode ser omitida. Primeiramente foram omitidas as edificações que têm dimensão menor do que o mínimo identificável. Esse valor foi definido a partir do tamanho mínimo perceptível de um quadrado vazado que resultou em 0,5mm de lado. Nas reduções de escala, a área urbana tende a ser confusa devido ao excesso de informações representadas numa pequena área da carta, e para evitar esse excesso, pode-se realizar a agregação das edificações bem como eliminar alguma classe de edificações. Nesse trabalho, optou-se pela eliminação. Para a operação de simplificação, eliminou-se os pontos que são vértices de lados

inferiores a 0,30mm, conforme o teste determinou para o tamanho mínimo perceptível.

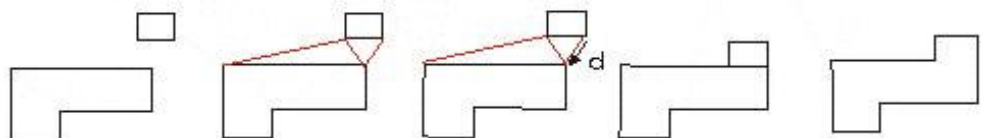
Para a operação de agregação, segundo BUNDY et al. (1995) existem diversas maneiras de combinar feições próximas, cada qual com um tipo de informação tida como única. O valor e a direção do deslocamento de cada objeto envolvido podem variar, mas normalmente objetos pequenos (tidos como menos importantes) se agregam aos objetos grandes (objetos mais importantes). Esse procedimento pode ser visto na Figura 28, com a união dos pontos finais das faces da edificação (pontos definidores), a fim de se estabelecer uma direção para a união das feições (BUNDY et al., 1995).

FIGURA 28 - ETAPAS PARA AGREGAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Direção da operação em relação a altura (h)



Direção da operação em relação a menor distância (d)



FONTE: adaptado de BUNDY et al. (1995)

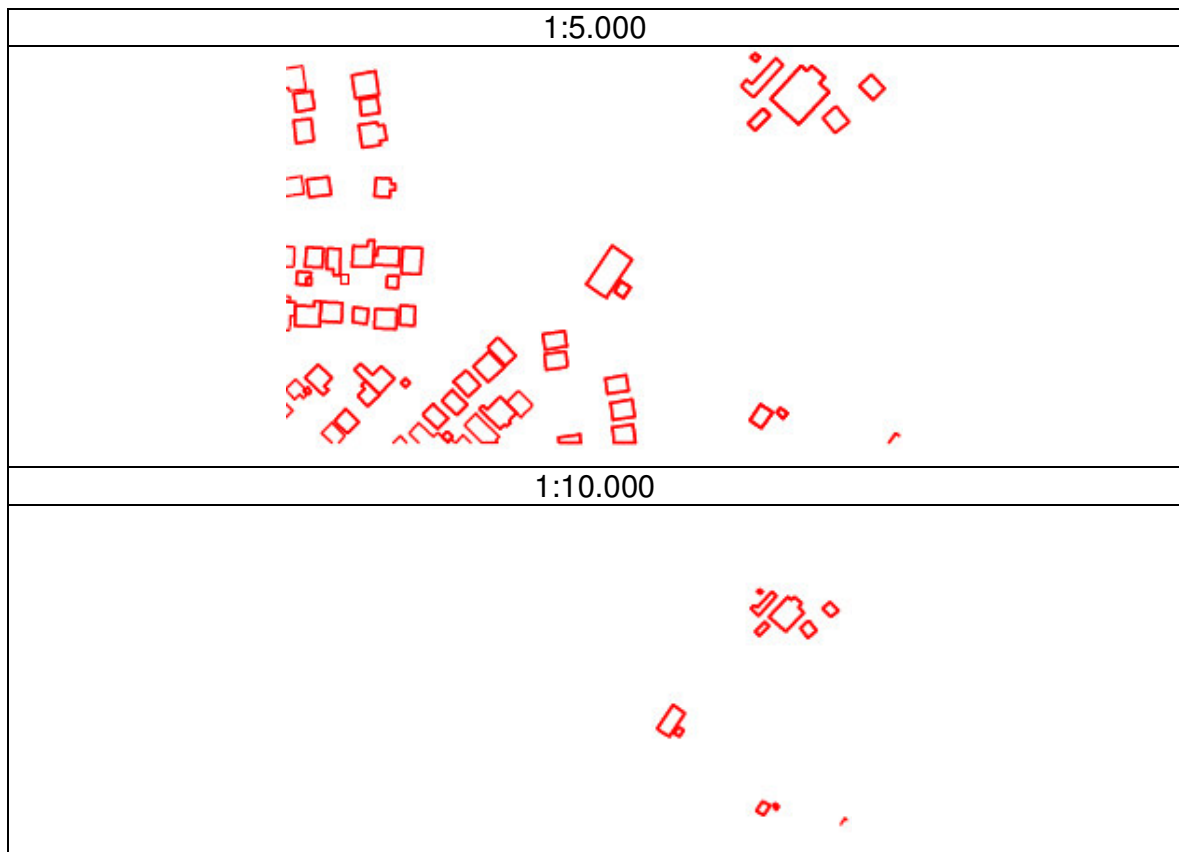
Esta direção de união pode ser associada à altura do triângulo (h) ou a menor distância de uma das faces internas do triângulo (d). Deve-se tomar o cuidado para não combinar edificações separadas por outras feições tais como quadras, vias, rodovias, ferrovias, ou rios. No caso da direção de união ser em relação à altura (h), desloca-se a menor edificação a uma distância equivalente à altura (h), paralelamente a sua posição inicial. Outra forma de agregar é direcionar a união em relação a menor distância de uma das faces internas do triângulo (d), a

menor edificação se unirá à maior, seguindo a direção do alinhamento dos vetores de união, ao longo da menor distância (d) do triângulo. Aplicou-se o processo de agregação nas edificações de mesma classe com distância entre as feições menores 0,25mm da escala.

Para evitar a coalescência entre as outras feições tais como vias, é necessária a aplicação do deslocamento das edificações. A generalização de uma edificação depende, portanto, não apenas de suas propriedades geométricas, mas também do contexto espacial no qual ocorre. Os resultados da aplicação desses operadores podem ser visto na Figura 29 que apresenta a generalização de todas as edificações presentes numa carta na escala 1:2.000, para as escala 1:5.000 e da escala 1:5.000, para a escala 1:10.000. Para casos que seja necessário salientiar a presença de alguma edificação diante de outras edificações, sugere-se aplicar o operador de exagero.

FIGURA 29 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE OPERAÇÕES DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA NAS EDIFICAÇÕES



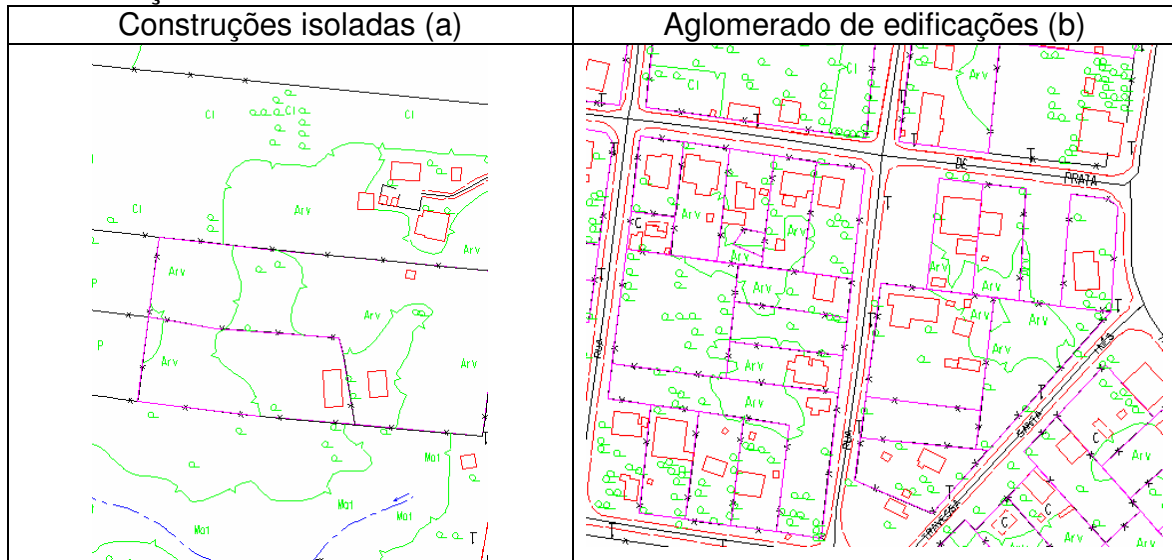


Quando a carta representa uma área urbana, as edificações são feições que ocupam um grande espaço e após a redução da escala, o seu resultado é apresenta um congestionamento de informações. Porém, há casos em cartas com um número menor de edificações e distantes entre si e não ocorre o congestionamento ao se reduzir a escala. Nesse caso receberam outro tratamento de generalização, e foram denominadas nesse trabalho de construções isoladas. O seu posicionamento na carta passa a ser uma informação importante para referência espacial, e não permite que sejam aplicadas as mesmas operações usadas em um conjunto de edificações. A esse problema denomina-se de inconsistência. Essas feições receberam atenção na fase da seleção para que não fosse eliminada uma construção que seja considerada como referência espacial.

Essa situação pode ser vista na Figura 30 que apresenta dois fragmentos de uma mesma carta na escala aproximada 1:3.500, na Figura 31a apresenta-se

pequenas construções isoladas, enquanto na Figura 31b apresenta-se um aglomerado de edificações.

FIGURA 30 - RECORTE DE CONSTRUÇÕES ISOLADAS E AGLOMERADO DE EDIFICAÇÕES



Nas reduções para a escala 1:10.000, muitas edificações encontram-se imperceptíveis. Quando essas edificações representam cemitérios, escolas, igrejas, hospitais deve haver uma preocupação em não omiti-las pois são feições importantes numa carta. Essas informações geralmente são acompanhadas de um símbolo pictórico (Figura 31). Observou-se casos em que essas feições se encontram próximas, como visto na Figura 32, as edificações de duas escolas e uma igreja, isto é, após a redução de escala pode ocorrer a coalescência.

FIGURA 31 - EDIFICAÇÃO COM SÍMBOLO PICTÓRICO DE IGREJA (ESCALA AMPLIADA)

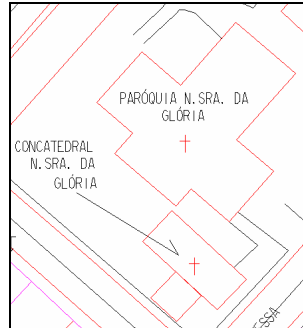
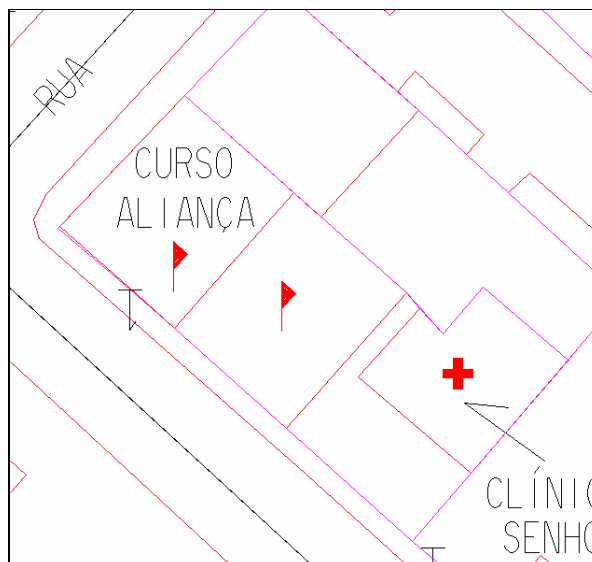
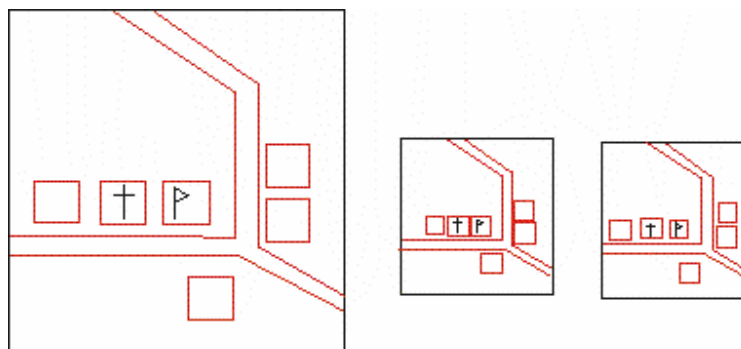


FIGURA 32 - PROXIMIDADE DE EDIFICAÇÕES IMPORTANTES (ESCALA AMPLIADA)



Para a generalização dessas feições, além dos operadores aplicados às edificações, foi aplicado o deslocamento nas toponímias, para que ocupassem uma posição relativa adequada em relação as demais feições, e também foi necessária a adequação do tamanho do símbolo pictórico na redução de escala. E para o caso da proximidade dessas informações, como exemplo escola e igreja muito próximas, sugere-se que sejam deslocadas, para evitar que as edificações se sobreponham como apresentado na Figura 33.

FIGURA 33 - OPERAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE EDIFICAÇÕES



FONTE: BERNARD (1998)

4.2.3 Generalização Cartográfica das Quadras e lotes

As quadras são blocos com informação cartográfica de lotes e outros elementos como edificações, árvores, áreas verdes, postes. Os lotes representam um elemento importante do cadastro de propriedades.

Quando essas feições são representadas na escala 1:2.000, tanto as quadras quanto os lotes são vistos e seus detalhes internos são perceptíveis. Quando vistos na redução da escala para 1:5.000, ocorre a coalescência e o congestionamento de feições. Como consequência da redução de escala os limites das quadras e dos lotes sofrem coalescência. Alguns lotes possuem detalhes na sua forma que, na redução de escala, já não são identificáveis, como se apresenta na Figura 34.

A generalização dessas feições foi feita da seguinte forma: nas quadras há informações de alinhamento predial, que geralmente acompanham a fachada dos lotes. Na representação para a escala 1:5.000, as quadras e o lotes não sofreram nenhuma operação de generalização, pois o espaçamento entre elas são visíveis. Porém na redução de escala 1:10.000, a quadra e o alinhamento predial se encontram coalescentes, e por isso sugere-se a eliminação do alinhamento. Para a representação não se tornar complexa na escala 1:10.000, os lotes são omitidos, uma vez que nessa escala as informações de quadras são mais importante. (Figura 35).

FIGURA 34 - RECORTE DA CARTA COM FEIÇÕES DE LOTES E QUADRAS

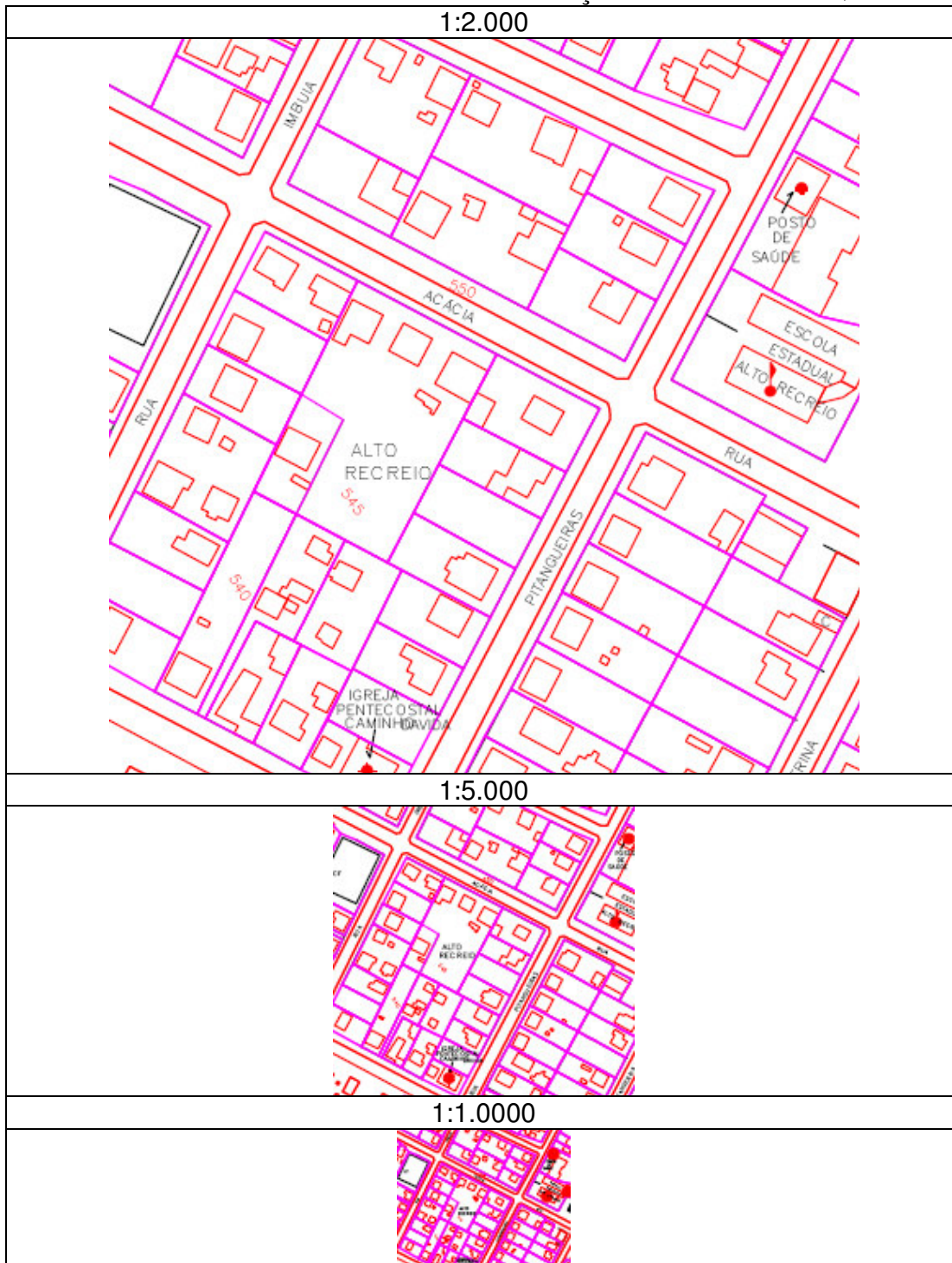
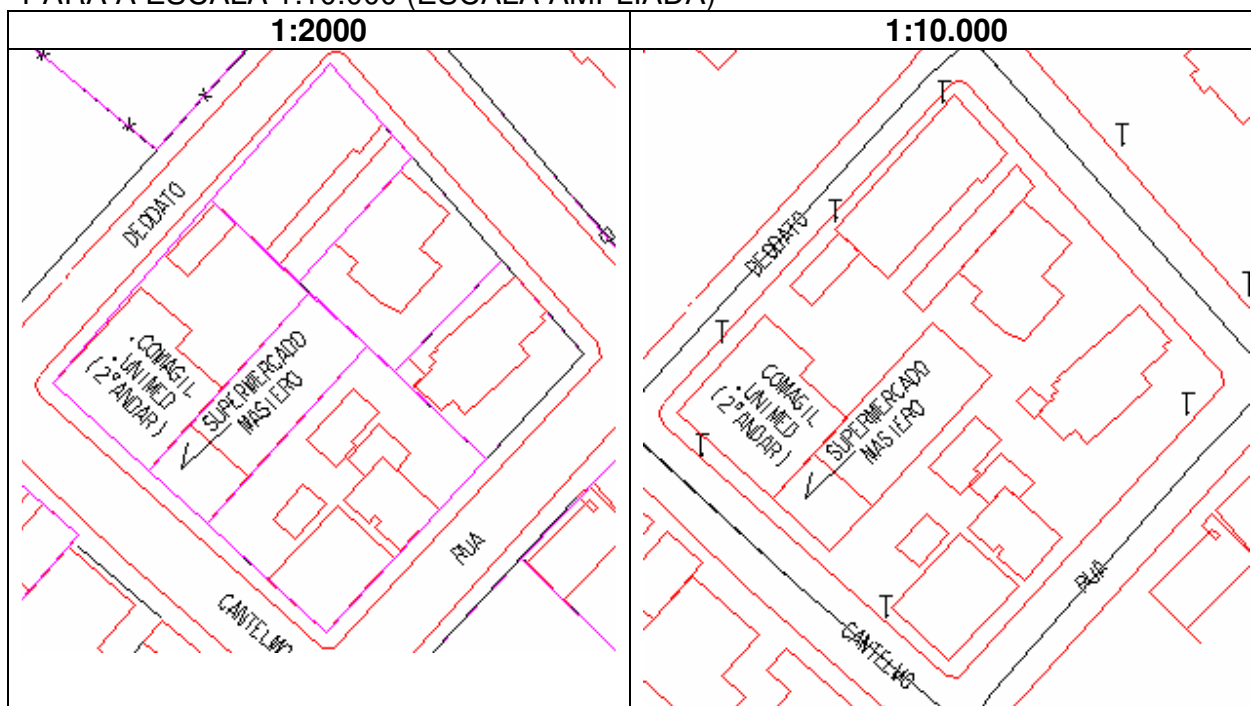


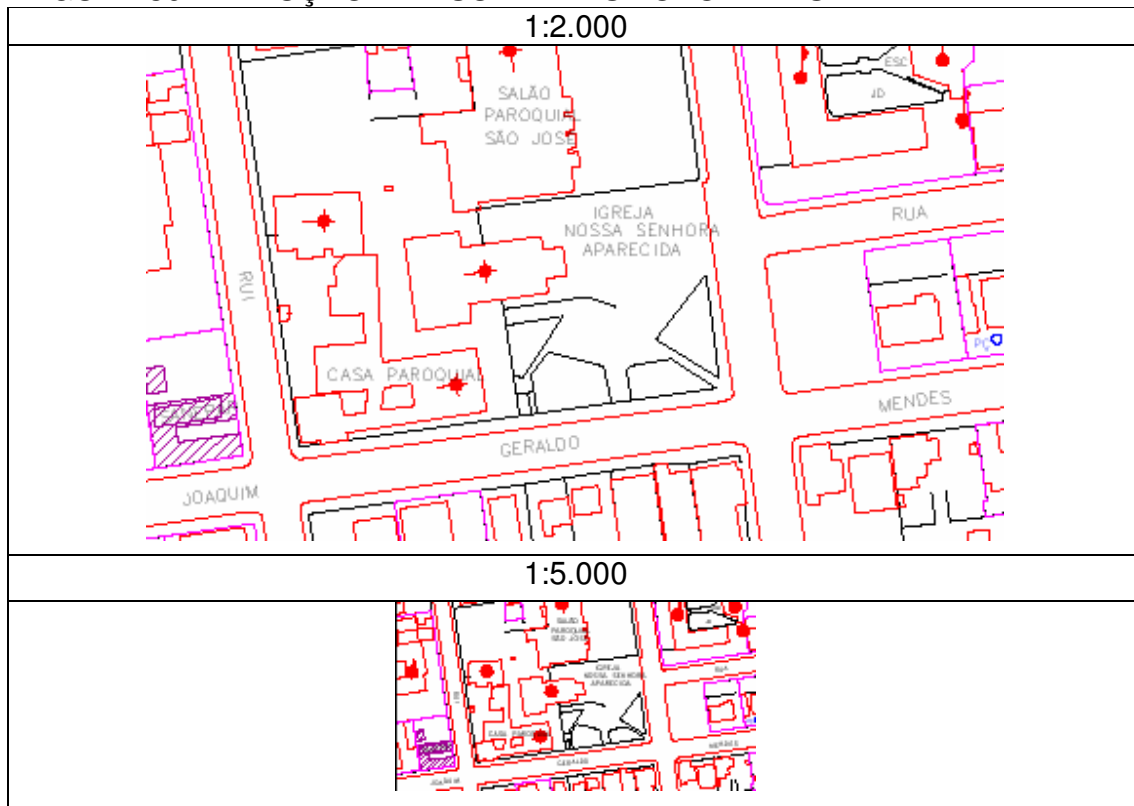
FIGURA 35 - RESULTADO DA GENERALIZAÇÃO DE LOTES E QUADRAS PARA A ESCALA 1:10.000 (ESCALA AMPLIADA)



4.2.4 Generalização Cartográfica das toponímias

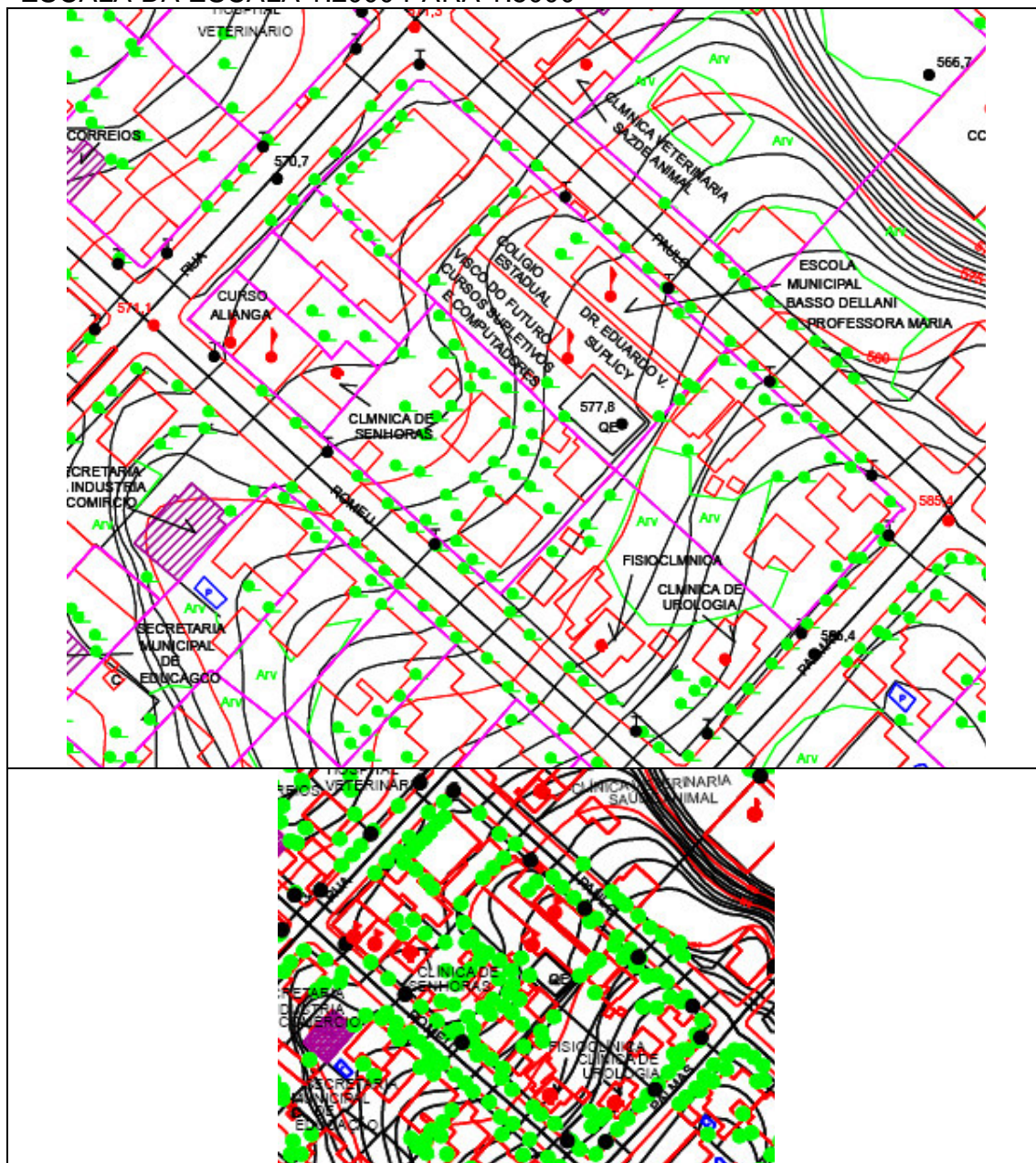
As toponímias são informações presentes nas cartas topográficas, porém são informações que não existem na superfície topográfica. É um elemento que congestiona a carta, mas de grande importância para o reconhecimento das informações representadas. Devido a esse fato, para qualquer redução de escala, são necessárias adaptações no seu tamanho para que o texto mantenha sua proporção e seja passível de leitura. Na redução do texto da escala 1:2.000 para 1:5.000, as toponímias também sofrem a redução de escala e com isso resulta em problemas de leitura, pois ficam menores do que o tamanho perceptível, como visto na Figura 36, que mostra que com a redução de escala, o texto se tornou ilegível. A ilegibilidade pode ser vista também na Figura 37, onde apresenta-se um congestionamento de informações. As toponímias devem estar num tamanho que seja legível, mesmo quando há congestionamento de informações próximas a elas.

FIGURA 36 - REDUÇÃO DE ESCALA NAS TOPONÍMIAS



A generalização das toponímias consistiu dos processos de seleção, exagero e deslocamento. A omissão acontece em caso de feições que foram eliminadas durante sua generalização cartográfica. Os topônimos sofreram uma adaptação no seu tamanho para que o texto tivesse o tamanho adequado à leitura. De acordo com o teste de percepção, o tamanho mínimo é de 1,00mm, medida essa que foi definida para a generalização nesse trabalho, independentemente da escala de representação. Os pontos de inserção para os textos foram os mesmos em princípio, porém em alguns casos foi necessário um deslocamento do símbolo pontual para se preservar a posição relativa, adequada à representação das demais feições, na escala destino, com o objetivo de manter a qualidade estética.

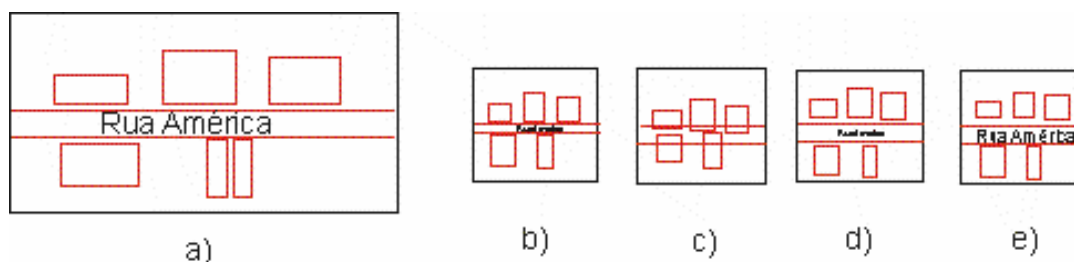
FIGURA 37 - PROBLEMA DE CONGESTIONAMENTO NA REDUÇÃO DE ESCALA DA ESCALA 1:2000 PARA 1:5000



Na Figura 38 apresenta-se as etapas para generalização das toponímias, de forma ampliada. O texto encontra-se no tamanho de 1,5mm (a), quando reduzido a escala para 1:5.000 (b) o seu tamanho passa a ser 0,6mm (d). Após a generalização das vias, visto o espaço disponível, o texto é afetado pelo

procedimento de exagero (e), no qual o texto reduzido é exagerado por um fator k , que nesse caso foi de 1,5, e seu tamanho passou a ser 1,0mm.

FIGURA 38 - ETAPAS DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA DAS TOPONÍMIAS



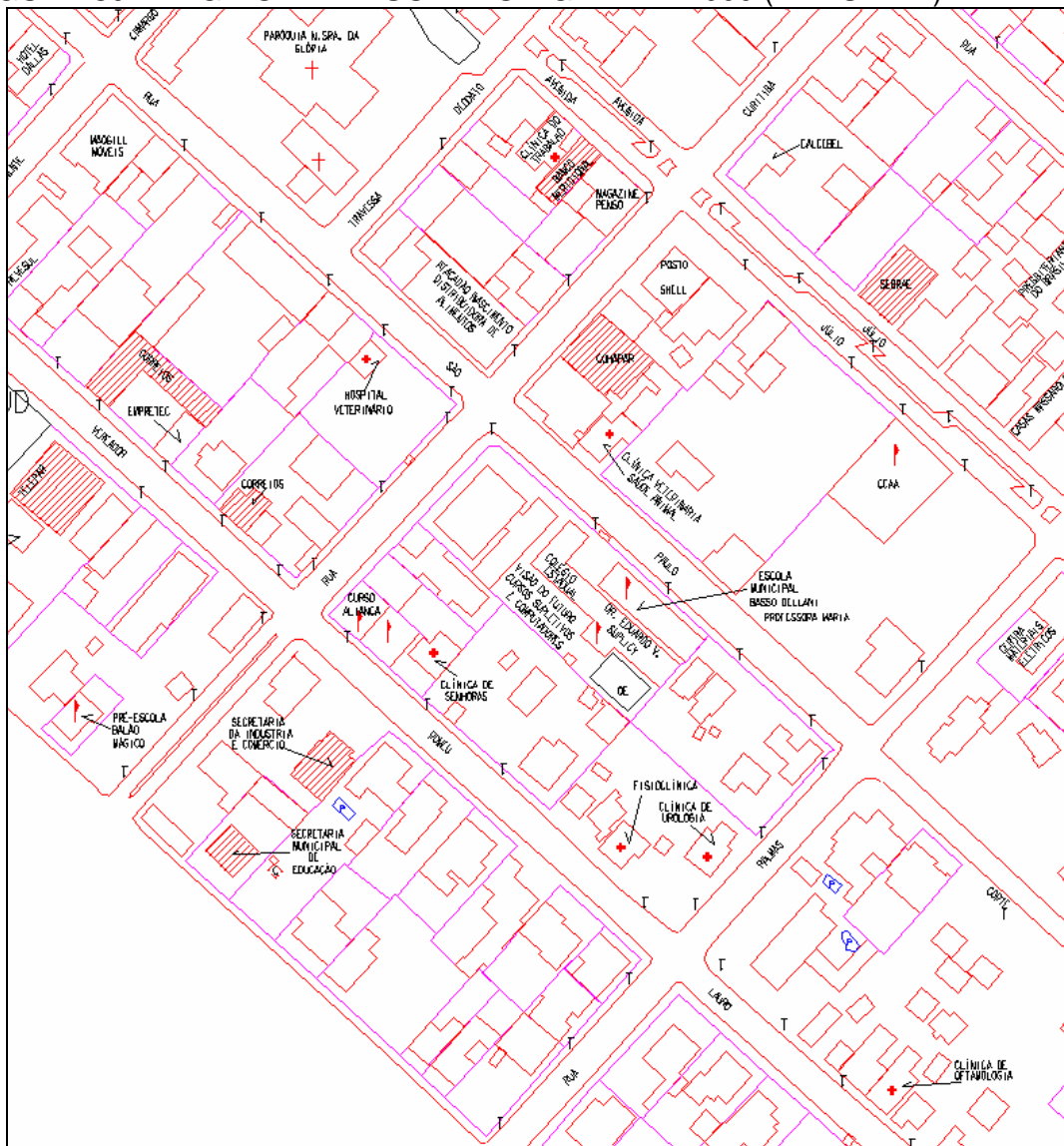
4.2.5 Generalização Cartográfica em recortes de cartas do Paranacidade

Foram aplicadas essas generalizações em dois recortes de cartas do acervo do Paranacidade. A seleção dessas regiões foi realizada com base na possibilidade de aplicar o maior número de operações apresentadas nesse trabalho. A região 1 é urbana, e a região 2 é afastada da região urbana. A Figura 39 apresenta um recorte na escala 1:2.000 de forma reduzida.

A partir dessa escala, foram realizados os procedimentos para a representação na escala 1:5.000 e o resultado da generalização pode ser visto na Figura 40. O espaçamento entre as vias, e entre quadra com o lote, estava dentro do limite de percepção visual e não foi necessária a aplicação dos operadores de exagero e deslocamento. Na etapa da generalização das edificações foram omitidas as edificações com áreas inferiores ou iguais a $0,25\text{mm}^2$, após isso foram realizadas as simplificações de lados com medidas inferiores ou iguais a 0,3mm. A aplicação de deslocamento foi feita somente para edificações diferentes de residenciais e que são vizinhas. Neste recorte não foi necessária a aplicação do exagero na representação para enfatizar a presença de alguma edificação. Porém, foi realizada a adequação do tamanho do símbolo pictórico que se encontra dentro dos limites das edificações para que possam ser vistos na escala generalizada.

Nesse recorte há presença de canteiro, mas as suas medidas se encontram dentro dos limites de percepção visual e não necessitam da aplicação dos operadores de generalização. A última informação a ser tratada foram as toponímias das edificações e das vias com aplicação dos operadores de seleção, exagero e deslocamento. Os textos se encontram no tamanho de 1,00mm de altura e por fim os textos foram deslocados para não se sobrepor às outras informações da carta.

FIGURA 39 - REGIÃO 1 NA ESCALA ORIGINAL 1:2.000 (REDUZIDA)



43 é resultado da aplicação da generalização para a escala 1:5.000. Neste caso foram omitidas as edificações com dimensões menores do que o tamanho mínimo $0,25\text{mm}^2$. Em seguida foi efetuada a simplificação de dimensões de lado $0,3\text{mm}$ na escala 1:5.000. As operações de agregação, deslocamento e exagero não foram aplicadas pois as edificações se encontram dispersas, distantes umas das outras.

FIGURA 43 – REGIÃO 2 NA ESCALA GENERALIZADA 1:5.000



Na Figura 44 tem-se o resultado da generalização da escala 1:5.000 para 1:10.000. Nesse recorte, nas edificações residenciais, a única operação realizada foi agregação. Ressalta-se que em áreas urbanas na escala 1:10.000, as edificações residenciais são omitidas, porém nesse recorte, por se tratar de uma área rural, as edificações residenciais foram mantidas por ser tratar de uma informação importante, ou seja, uma referência na carta.

FIGURA 44 – REGIÃO 2 NA ESCALA GENERALIZADA 1:10.000



5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O objetivo principal deste trabalho foi propor representações de feições urbanas com aplicação da generalização cartográfica de acordo com o paradigma da comunicação cartográfica, e esse objetivo foi alcançado com os resultados obtidos através da aplicação dos conceitos apresentados sobre generalização cartográfica, comunicação cartográfica e a realização do teste de percepção de símbolos em usuários. A representação gráfica dessas feições foi realizada de acordo com as etapas de projeto cartográfico, em que os processos de abstração e generalização estão presentes.

Durante a redução de escala para 1:5.000 e 1:10.000, as áreas estudadas das cartas do Paranacidade apresentaram um alto grau de complexidade, isto é, as feições se tornaram desorganizadas na aparência, e prejudicaram o processo de comunicação cartográfica. Na avaliação cartométrica, a identificação das condições geométricas implicou na realização da generalização sobre essas feições.

Quando dois cartógrafos executam as etapas de generalização a partir de suas próprias experiências, os resultados alcançados por ambos certamente serão diferentes. A dificuldade da implantação do processo de generalização está na falta de regras claras e específicas tanto para a elaboração do mapeamento, quanto para a derivação dessas cartas em escalas menores. Durante a avaliação cartométrica deve considerar a subjetividade que está envolvida no processo da identificação das condições geométricas, na definição e na aplicação dos operadores de generalização.

O teste de percepção com a utilização dos símbolos apresentados pela *Swiss Society of Cartography* (1977) e o acréscimo de outros símbolos foi satisfatório para a proposição de símbolos adequados ao mapeamento nas escalas 1:5.000 e 1:10.000. O resultado do teste contribuiu para o redimensionamento de símbolos e para o uso de operadores, como na eliminação de edificação de tamanho imperceptível; na simplificação de linhas e suavização nas formas em símbolos de áreas; na agregação de áreas com espaçamentos; na

unificação de linhas com espaçamentos inferiores a uma distância; no deslocamento e no exagero em algumas feições. Os usos de operadores de generalização resultaram em produtos consistentes com a sua escala final e manteve a eficiência da comunicação cartográfica.

Sobre o teste de percepção de símbolos observou-se que alguns símbolos tiveram como resultado o mesmo tamanho mínimo, e em alguns casos, houve até a redução ou ampliação desses tamanhos comparados a *Swiss Society of Cartography* (1977).

Recomenda-se que sejam elaboradas testes com a aplicação desses mesmos símbolos em uma carta, já que neste trabalho o teste considerou os símbolos de forma isolada e num fundo branco. Sugere-se nos casos em que seja avaliado o tamanho mínimo de círculos, deixar claro aos entrevistados a distinção entre círculo sólido e ponto. Recomenda-se que seja realizada a avaliação cartométrica em outras feições presentes nos produtos do Paracidade ou até mesmo em outros produtos topográficos existentes, comparados os problemas encontrados em diferentes produtos bem como a proposição de soluções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAELLA B., PLA M. **Map generalization to obtain the topographic map of Catalonia 1:10.000.** Workshop Paper, ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 1999, Ottawa.

BAELLA B., PLA M. **An example of database generalization workflow: the Topographic Database of Catalonia at 1:25.000.** Workshop Paper, ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 2003, Paris.

BERNARD, D. **Generalização Cartográfica: Proposta Metodológica para uma Transição de Escala Assistida por Computador.** São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de São Paulo.

BORDENAVE, J. E. D. **Além dos meios e mensagens: Introdução à comunicação como processo, tecnologia, sistema e ciência.** 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1984. cap. 1, p.11-34.

BOS, E. S. **Cartographic symbol design.** Lecture-notes. ITC,1984, 85p.

BRUNO, D. C. ; CORRÊA, D. C. ; MENEZES, P. M. L. . **Generalização Cartográfica e Sensibilidade ao Contexto.** In: XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2005, Macaé. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, 2005

BRASSEL, K. E.; WEIBEL R.. **A Review and Conceptual Framework for Automated Map Generalization.** *International Journal of Geographic Information Systems*, 2(3):229-244.1988.

BUNDY, G. L. et al. **Holistic generalization of large-scale cartographic data.** In: Müller, J. C.; Lagrange, J.P.; Weibel, R. ed. *GIS and Generalization Methodology and Practice*, London, Taylor e Francis, 1995. p 106-119.

D'ALGE, J.C.L. & GOODCHILD, M.F. **Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento GIS.** Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR,1996, Salvador, Brasil.

FIRKOWSKI, H. **Generalização Cartográfica de Grades Retangulares Regulares Baseada na Teoria Matemática da Comunicação.** Curitiba, 2002. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná.

JOÃO, E.M. **Causes and Consequences of Map Generalization.** 1. ed. Great Britain: Department of Geography and Environment, Taylor and Francis, London School of Economics, 1998, 266p.

JONES, C.B. **Geographical Information Systems and Computer Cartography**. 1.ed. New York, Longman, 1997. 319p

KEATES, J.S. **Cartographic design and production**. Harlow, Grã-Bretanha: Longman, 240p. 1973.

KOLACNY, A. Cartographic Information. – A Fundamental concept and Term in modern Cartography. **Cartographica**. Suplemento n. 1, Vol. 14. p. 39-45, 1977.

McMASTER, R.B.; SHEA, K.S. **Generalization in Digital Cartography**. 1.ed. Washington: Association of American Geographers, 1992. 133p.

MORRISON, J. L., 1975: Map Generalization: theory, practice and economics. **Proceeding of the International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto II)**, 21-25 September 1975, U.S. Department of Commerce, bureau of the census and american congress on surveying and mapping, 99-112.

NALINI, T. V. **Avaliação cartométrica da base cartográfica digital adequada à gestão urbana derivada por generalização cartográfica a partir da escala de origem 1:2.000**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná.

NICKERSON B. G.; FREEMAN H. **Development of a rule-based system for automatic map generalization**: Proceedings of the Second International Symposium on Spatial Data Handling, Seattle. 1986. p. 537-556

PUGLIESI, E. **Desenvolvimento de mapa dinâmico para sistema de navegação terrestre**. Presidente Prudente, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Universidade Estadual Paulista.

RATAJSKI, L. **Phenomenes des points de generalization**. International Yearbook of Cartography, v. 7. 1967. p. 143-151.

ROBINSON, G. J.; LEE, F. **An automated generalization system for large scale topographic maps**. In: WORBOYS, M. F. ed. **Innovations in GIS**. New York, Taylor & Francis, 1994.

SLOCUM, T. A. **Thematic cartography and visualization**. Upper-Saddle River, NJ: Prentice-Hall. 293p. 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE OFTALMOLOGIA. **Glossário**. Disponível em: <http://www.sboportal.org.br/sbo/scripts/ap/glossario.asp> Acesso em: 04 setembro 2007.

SWISS SOCIETY OF CARTOGRAPHY. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 2, 1977. 61p.

VIANNA, C.R.F. **Generalização Cartográfica em Ambiente Digital Escala 1:250.000 a partir de Dados Cartográficos Digitais na Escala 1:50.000.** Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Instituto Militar de Engenharia.

Anexo 01: Teste de percepção visual

TESTE DE PERCEPÇÃO VISUAL

NOME: _____

DATA / HORA INICIAL: _____

Este teste tem como finalidade verificar a legibilidade de símbolos utilizados em mapas topográficos. Esses símbolos são feições de linhas e áreas nos mapas topográficos.

Questionário:

1) Idade: _____

2) Você apresenta algum problema visual?

() Não

() Miopia. Grau: _____

() Astigmatismo. Grau: _____

() Hipermetropia. Grau: _____

() Daltonismo

() Outro. Qual? _____

3) Você neste momento, utiliza lentes corretivas neste teste (lentes de contato, óculos)?

4) Já sofreu alguma operação para a corrigir problemas visuais? Qual?

1) Qual a alternativa abaixo você vê 2 (duas) linhas paralelas.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

2) Qual a alternativa abaixo você vê 2 (duas) linhas paralelas.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

3) Qual a alternativa abaixo você vê 2 (duas) linhas paralelas.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

4) Qual a alternativa abaixo você vê 2 (duas) linhas paralelas.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f)

g)

5) Qual a alternativa abaixo você vê 2 (duas) linhas paralelas.

a) 

b) 

c) 

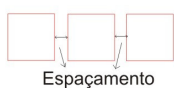
d) 

e) 

f) 

g) 

6) Abaixo apresenta uma sequência de figuras lineares e de área. A cada sequência, marque a alternativa na figura que você vê o espaçamento entre as feições.



a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

g) 

a)

b)

c)

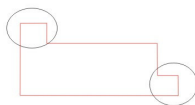
d)

e)

f)

g)

7) A figura abaixo possui dois detalhes na sua forma. Qual alternativa você vê esses detalhes facilmente?



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

8) A partir de qual palavra você lê: Avenida Manoel Ribas

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

9) A partir de qual palavra você lê: Rua Marechal Deodoro

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)
- f)

10) Abaixo apresenta sequências de figuras geométricas. A cada sequência, marque a alternativa a partir de qual figura você vê facilmente os símbolos.

A) Círculo sólido



B) Círculo vazado



C) Triângulo sólido



D) Triângulo vazado



E) Quadrado Sólido:



F) Quadrado Vazado:



G) Quadrado vazado:



HORA FINAL: _____