

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N° 67/6 1091-1102
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

UMA PROPOSIÇÃO PARA DETECÇÃO DAS CONDIÇÕES GEOMÉTRICAS EM CARTAS TOPOGRÁFICAS DE REGIÕES URBANAS NA ESCALA 1:10.000 DERIVADAS DE 1:2.000

*Proposal for Detecting Geometric Conditions in Topographic Maps of Urban
Regions at 1:10.000 Derived from 1:2.000 Scales*

Sérgio Comé & Cláudia Robbi Sluter

Universidade Federal Do Paraná – UFPR
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – CPGCG
Jardim das Américas – Centro Politécnico – Curitiba – PR – Brasil
Caixa Postal 19001 – CEP 81531-990
{come.sergio; robbisluter}@gmail.com

Recebido em 11 de Abril, 2015/Aceito em 16 de Agosto, 2015
Received on April 11, 2015/Accepted on August 16, 2015

RESUMO

Este artigo apresenta uma proposta de metodologia para a detecção das condições geométricas para a generalização cartográfica das edificações, das vias urbanas, dos limites de propriedade incluindo a toponímia, em cartas topográficas na escala de 1:10.000 derivadas da escala 1:2.000 de regiões urbanas. Os problemas da representação cartográfica foram sintetizados nesta pesquisa pelas condições geométricas de congestionamento, coalescência, conflito e imperceptibilidade. A partir destas condições geométricas, foram propostas alternativas para restabelecer a legibilidade cartográfica através do processo de generalização cartográfica. Os resultados alcançados mostram que a operação de seleção de edificações, de eliminação das que estavam abaixo do tamanho perceptível, da simplificação de detalhes e da agregação de edificações individuais em áreas construídas reduziram a complexidade visual e restabeleceram a legibilidade na carta derivada.

Palavras-chaves: Generalização Cartográfica, Escala, Condições Geométricas.

ABSTRACT

This paper aims to present a proposed method for detecting geometrical conditions for cartographic generalization of buildings, urban roads, and property boundaries in topographic maps at 1:10.000 scale derived from 1:2.000 scale of urban areas. The problems of cartographic representation that were investigated in this research are related to the geometric conditions of congestion, coalescence, conflict and imperceptibility. Alternatives to restore the map readability by cartographic generalization process were proposed from these geometric conditions. The research results showed that the selection of buildings, the removal of those which were below the noticeable size, the simplification of length details of the undersides of human visual perception and, the aggregation of individual buildings in built-up areas reduced the visual complexity and restored the readability of the derived maps.

Key-words: Cartographic Generalization, Scale, Geometrical Conditions.

1. INTRODUÇÃO

As cartas topográficas derivadas são resultado da redução de escala, a qual pode originar problemas de visibilidade e legibilidade na representação cartográfica. Isto ocorre porque o espaço para a representação cartográfica no novo mapa é limitado, conseqüentemente isto traz dificuldades aos usuários em relação à leitura e à interpretação dos mapas derivados. Estes problemas comprometem a comunicação das informações cartográficas e são designados como problemas de ordem geométrica e semântica (MCMASTER & SHEA, 1992). Quando estes ocorrem faz-se necessário realizar o processo de generalização cartográfica (SSC, 1977) para restabelecer a legibilidade e garantir a comunicação cartográfica da carta derivada. O problema que se apresenta e que deve ser pesquisado é, então, como realizar a generalização cartográfica para cartas topográficas de áreas urbanas na escala 1:10.000 derivadas da escala 1:2000. Na busca pela solução deste problema de pesquisa assumiu-se como hipótese que se o cartógrafo determinar e descrever as informações a serem mapeadas, estabelecer os critérios com os quais estas informações são classificadas e se o propósito da carta for compatível com a escala da nova carta a ser construída (1:10.000) então a preservação da legibilidade pode ser alcançada pelo uso de operadores de generalização. Os operadores de generalização devem ser definidos e aplicados em função das condições geométricas detectadas.

Neste contexto o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma proposição metodológica para a detecção das condições geométricas em cartas topográficas na escala 1:10.000 derivadas da escala 1:2.000 para a representação das edificações, das vias urbanas, dos limites de propriedade e a da toponímia. Nesta pesquisa, a detecção das condições geométricas baseia-se no estudo das medidas espaciais e holísticas de McMaster e Shea (1992) e dos problemas de representação de Regnauld (2001), que abordam quais as características ou aspectos devem ser considerados para o processo de generalização cartográfica.

Os resultados alcançados mostraram que com a aplicação dos operadores de generalização, a partir da detecção das condições geométricas,

os problemas conseqüentes da redução da escala, relacionados à aproximação excessiva de feições, imperceptibilidade de informações e mudança do tipo da primitiva gráfica e de escala de medida, foram solucionados.

2. GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

A generalização cartográfica para KEATES (1989) é um processo de abstração da informação que depende da escala do mapa generalizado, pois determina o espaço disponível para a representação das feições. A seleção das informações importantes em uma base de dados deve resultar em uma representação clara e informativa do fenômeno geográfico. A redução de escala é acompanhada pela redução dos detalhes de representação de feições individuais, e ao mesmo tempo do exagero ou do realce dessas feições para torná-las distinguíveis. A generalização realizada de maneira apropriada resulta em uma mensagem espacial que é compreendida pelo usuário (SLUTER, 2008). Por outro lado, a generalização excessiva pode resultar em representações cartográficas que não transferem o conhecimento sobre determinada região geográfica aos usuários dos mapas.

Cheng *et al* (2006) abordam a generalização cartográfica como sendo a seleção e a representação simplificada de detalhes apropriados à escala e à finalidade do mapa. O processo de generalização é complexo, pelo fato de que a presença das feições geográficas no mapa resultante são reduzidas ou sofrem alterações em termos do seu tamanho, forma ou quantidade (CHENG *et al*; 2006). Os autores enfatizam que o processo de generalização é um desafio, devido a sua complexidade conseqüente da enorme quantidade de informações contida no mapa e do número de possíveis interações entre elas.

McMaster e Shea (1992) definem a generalização cartográfica como o processo 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 é realizado com base em operações de transformações que manipulam a geometria e a semântica dos objetos. A generalização geométrica é o processo que envolve a manipulação da representação geométrica das

informações espaciais das feições geográficas, e está ligada ao que MCMaster & Shea (1992) denominam de transformações espaciais. A generalização semântica envolve os processos de manipulação das informações conceituais das feições, ou seja, está ligada às transformações de atributo (MCMaster & SHEA, 1992).

A generalização cartográfica baseada em McMaster & Shea (1992) traz uma visão histórica do entendimento e desenvolvimento teórico de todo processo (FIRKOWSKI, 2002) e, trata a generalização segundo três aspectos: os objetivos filosóficos, ou porque generalizar; a avaliação cartométrica, ou quando generalizar e as transformações espaciais e de atributos, ou seja, como generalizar.

O primeiro aspecto é decomposto em três elementos que são: 1) os elementos teóricos, 2) os elementos específicos da aplicação, e 3) os elementos computacionais. Os elementos teóricos são aqueles que guiam a necessidade do processo de generalização cartográfica, em meio digital, minimizando os efeitos de redução de escala. Os seis elementos são: redução de complexidade, manutenção da acurácia espacial, manutenção da acurácia dos atributos, manutenção da qualidade estética, manutenção de uma hierarquia lógica e aplicação de regras consistentes. Os elementos específicos da aplicação definem as necessidades para apresentação final do mapa, sejam eles impressos ou exibidos na tela do computador. Três elementos são identificados: o propósito do mapa e dos usuários, a escala desejada e a manutenção da clareza do mapa. Os elementos computacionais são aqueles que equilibram as necessidades do mapa e os requisitos dos recursos computacionais disponíveis. São identificados três elementos: custo efetivo dos algoritmos, redução máxima dos dados e necessidade mínima de memória computacional.

A avaliação cartométrica é o segundo aspecto do modelo conceitual de McMaster e Shea (1992). É dividida em três partes: 1) as condições geométricas, 2) as medidas espaciais e holísticas, e 3) as transformações espaciais e de atributos. As condições geométricas determinam a necessidade de generalização cartográfica e são detectadas seis destas condições quando a escala é reduzida: o congestionamento, a coalescência, o conflito, a complicação ou dificuldade, a inconsistência e a imperceptibilidade.

As medidas espaciais e holísticas satisfazem as condições geométricas ocorridas e são medidas condicionais observadas quando são feitas avaliações não só das feições individuais, mas, também, dos relacionamentos entre duas ou mais feições. McMaster e Shea (1992) abordam sete medidas para início da discussão da avaliação de quando um mapa necessita de generalização, que são: 1) as medidas de densidade; 2) as medidas de distribuição; 3) as medidas de comprimento e sinuosidade; 4) as medidas de forma; 5) as medidas de distância; 6) a teoria da Gestalt; e 7) as medidas denominadas abstratas.

As medidas de densidade são usadas para avaliar múltiplas relações de feições, e inclui o número de pontos, linhas ou de áreas por unidade de área no mapa. As medidas de distribuição são usadas para avaliar a distribuição de feições no mapa. Por exemplo, as feições pontuais podem ser examinadas para medir dispersão ou agrupamentos. As medidas de comprimento e sinuosidade são aplicadas para linhas individuais ou para feições de limites de áreas. Por exemplo, o cálculo do comprimento da linha da rede viária no mapa. O comprimento da linha da rede viária inclui o número total de pontos com coordenadas conhecidas; o valor médio e o desvio-padrão das coordenadas. A sinuosidade inclui o total de ângulos por mudar; a média angular por ângulo; a soma de ângulos positivos ou negativos; o total do número de ocorrências; e o significado dos comprimentos de ocorrência (MCMaster e SHEA, 1992).

As medidas de forma são usuais na determinação de feições de área na nova escala. As componentes mais importantes de descrição de forma são o comprimento e a sinuosidade de contornos; o perímetro da área, o centroide da linha ou da área, e a variação das coordenadas das feições de área (MCMaster & SHEA, 1992). As medidas de distância consistem de cálculos realizados usando posições básicas das formas geométricas de feições tais como ponto, linha e área. É utilizada a menor distância ou medida euclidiana de cada feição. A teoria da Gestalt auxilia na indicação de características perceptíveis na distribuição de feições através da relação estrutural entre padrões semelhantes. Exemplos simples deste relacionamento são proximidade e similaridade.

As medidas denominadas abstratas auxiliam a avaliar a natureza conceitual das distribuições espaciais. Exemplos podem ser a complexidade, a homogeneidade, a simetria e a repetição. McMaster e Shea (1992) ressaltam que muita destas medidas espaciais e holísticas podem ser desenvolvidas em programas computacionais para análises espaciais, menos as medidas de Gestalt e as medidas abstratas.

As transformações espaciais e de atributos são responsáveis por operações que modificam os dados. Estes operadores são versões computacionais dos procedimentos da generalização manual em ambiente digital (MCMASTER e SHEA, 1992). Este raciocínio é semelhante ao apresentado por João (1998) ao afirmar que, cada operador é tratado como um algoritmo computacional de generalização, e que é usado para implementar uma transformação particular. Para o processo de produção cartográfica assistida por computador é necessário dividi-lo em etapas pré-estabelecidas para facilitar a sua execução (BERNARD, 1998). A seguir são apresentados os operadores utilizados neste artigo:

1) A seleção que compreende a escolha das feições que vão compor a carta topográfica de acordo com a escala e o seu propósito (MONMONIER, 1991).

2) A simplificação que é o operador que permite a redução do número de pontos originais da linha, sem modificar significativamente o posicionamento original dos pontos mantidos, e visa produzir uma aparência semelhante ao original, embora mais simples (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

3) A agregação que é o operador que permite mudanças dimensionais com objetivo de representar elementos pontuais como elementos de área (MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

4) A amalgamação que é o operador que produz uma feição de área a partir da reunião de outras feições de áreas que possuem o mesmo atributo. O agrupamento deve preservar a característica da região após a redução de escala (MCMASTER e SHEA, 1992).

5) A classificação é o operador que agrupa os objetos em categorias de feições que compartilham atributos idênticos ou similares

(MONMONIER, 1991; MCMASTER e SHEA, 1992).

Regnauld (2001) caracteriza os problemas de representação de edificações e de vias com base em quatro fatores:

1) Restrições de legibilidade que são consequência da percepção visual de distância, da separação entre símbolos e da densidade máxima;

2) Identidade visual que consiste em qualidades que preservam as características visuais que auxiliam o usuário a identificar feições;

3) Organização espacial que é o resultado das relações espaciais entre as feições na carta e dependem de elementos de Gestalt, sendo estes três: a) proximidade; b) similaridade e c) continuidade, e

4) Homogeneidade que significa que as modificações na carta generalizada devem ser feitas de maneira homogênea para garantir o equilíbrio geral na representação cartográfica

O entendimento e o conhecimento dos quatro fatores dos problemas de representação acima referidos, possibilitam perceber que, a carta reduzida, deve passar por alterações e modificações de modo a adequar-se à nova escala para restabelecer a legibilidade cartográfica.

3. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

Base cartográfica digital do município de Campo Largo (Paraná) na escala 1:2.000, produzida com o sistema de projeção *UTM*, e no Sistema Geodésico Brasileiro *SAD 69*, e com os arquivos digitais no formato *shp*.

Software ArcGis 10 (<http://arconline.ersi.com>).

Computador *Pentium 4*, *Window XP* versão 2002, processador 3.000, 1.93 GB de *RAM* Monitor de 21", placa aceleradora de vídeo *Wildcat 3D graphics* de alta performance, disponibilizado pelo laboratório de pesquisa em Cartografia e SIG (Labcarto) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas-UFPR.

As etapas da metodologia consistiram em definir a área de estudo (Município de Campo Largo) e as classes de feições a serem generalizadas (SLUTER, 2008). Em seguida, a escala da carta foi reduzida da escala 1:2.000

para a escala 1:10.000, para que a avaliação cartométrica fosse realizada (SSC, 1977). A inspeção visual das feições reduzidas em escala, na terceira etapa, permitiu detectar a presença das condições geométricas na escala reduzida. Com a proposição de quais operadores de generalização utilizar na carta na escala 1:10.000, concluiu-se as etapas para gerar as cartas derivadas.

Na aplicação da metodologia proposta, foram definidas as seguintes classes de feições a serem generalizadas: edificações (residenciais, comerciais, públicas, em construção ou ruínas históricas, escolas públicas e privadas, igrejas, hospitais postos de saúde e clínicas, clubes e associações recreativas); cemitérios; transporte

(vias pavimentadas e não pavimentadas, vias em construção); limites de propriedade e toponímia referente a todas estas feições.

Para a redução de escala, abriu-se o *ArcGis* 10, e nos *layers* pertinentes foram selecionadas as classes de feições definidas. Em seguida foi realizada uma transição automatizada da escala 1:2.000 para a escala 1:10.000, sem modificar as feições. Depois, a carta reduzida foi impressa, e foi realizada visualmente a avaliação cartométrica em conformidade com as transformações espaciais e de atributo (MCMATER e SHEA, 1992), como ilustra a Figura 1.

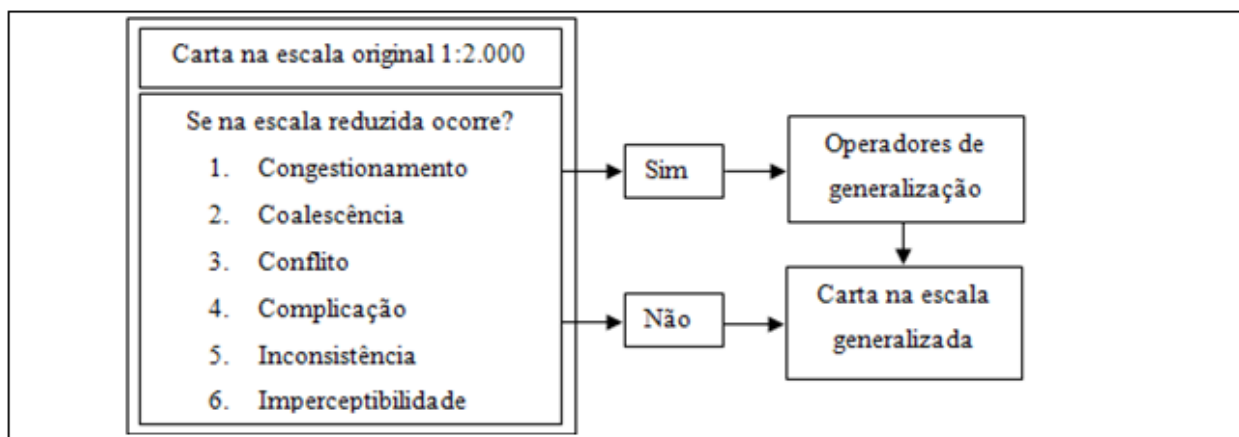


Fig. 1 - Condições geométricas que demandam a generalização cartográfica. Fonte: Adaptado de McMater e Shea (1992).

3.1 Inspeção visual dos problemas de generalização

Com o conhecimento e entendimento suficiente dos problemas de representação de Regnaud (2001) e das medidas espaciais e holísticas de McMaster e Shea (1992), foi possível detectar as condições geométricas pela inspeção visual das feições reduzidas em escala, e pela análise de alguns elementos que as caracterizam. Na inspeção visual foram observadas feições que se sobrepõem total ou parcialmente, deslocamento de feições, ligação de feições que tem continuidade, bem como a cor, o estilo, a fonte, o tamanho e o tipo de elementos gráficos (ponto, linha, área e texto) das feições.

Os parâmetros gráficos utilizados neste artigo são os adotados no teste de percepção da Taura (2007). Segundo a autora, o espaçamento entre linhas paralelas, o espaçamento entre linhas e feições de área, e o

espaçamento entre feições de áreas são perceptíveis a partir de 0,25 mm. Os detalhes do contorno das feições representadas por áreas são perceptíveis a partir de 0,30 mm. O tamanho da fonte *Time New Roman* da toponímia é perceptível a partir de 1,20 mm de altura.

Com auxílio do *software* de geoprocessamento proposto, foi calculada a área de todas as edificações residenciais. A seguir realizou-se os seguintes procedimentos:

1) Foi selecionado o *layer* edificações, na tabela de atributos deste e criou-se um novo campo para armazenar as áreas destas edificações.

2) Depois do cálculo das áreas, verificaram-se, com base na consulta espacial, quais as áreas eram iguais ou menores que 0,09 mm².

Neste procedimento foram identificadas as edificações residenciais com áreas iguais ou menores que 0,09 mm² na escala 1:10.000. Este procedimento permitiu identificar as feições

visíveis e as não perceptíveis. Taura (2007) considera 0,30 mm como tamanho mínimo perceptível para as feições de área, como também para o comprimento mínimo dos detalhes destas áreas. Com auxílio da função *Measure*, foram medidas distâncias de várias feições, que com base na observação visual mostraram-se de difícil percepção quando o espaçamento entre elas eram iguais ou menores que 0,25 mm.

3.2 Proposição das condições geométricas e aplicação

Os operadores utilizados foram definidos em conformidade com as transformações espaciais e de atributos (MCMASTER & SHEA, 1992). Para a condição geométrica de congestionamento foi aplicado o operador eliminação/omissão. Nesta situação foram eliminadas todas as feições de área que possuíam lados abaixo do tamanho mínimo de legibilidade (0,30 mm). Para as feições de linha, as que perderam sua representação em escala na carta derivada, foram também eliminadas. Como exemplo pode-se citar o caso dos limites de propriedades que já não aparecem na escala derivada. A eliminação de feições na escala derivada visa atender ao propósito e ao objetivo do mapa que dizem respeito à comunicação e à legibilidade.

Após a eliminação das feições que passaram a ser desnecessárias na escala 1:10.000, foi aplicado o operador de simplificação. Foram simplificados comprimentos de detalhes de lados das feições de área menores ou iguais a 0,30 mm, com a utilização de uma função que simplifica as áreas fechadas. Um dos parâmetros desta função é, em alguns *softwares* de geoprocessamento, denominado de *tolerância*, e significa que o valor para simplificação das áreas deve ser especificado. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medida de 0,30 mm. Este valor é o parâmetro de comprimento dos detalhes do contorno das feições representadas por áreas que são perceptíveis ao usuário.

A simplificação foi aplicada para todas as classes de feições da categoria edificações de forma individual. Segundo SSC (2007), este operador simplifica as feições com cantos ortogonais, reduzindo detalhes de limites e mantendo a sua forma essencial.

Em seguida foi aplicado o operador de

agregação para a categoria de edificações. Neste caso, foram agregadas as edificações residenciais individuais que estavam distantes entre si em menos de 0,25 mm na escala 1:10.000, com a utilização de uma função que agrega as áreas fechadas. Um dos parâmetros desta função é, em alguns *softwares*, denominado de *distância*, e significa que a distância deve ser especificada entre os limites das áreas para que a agregação possa acontecer. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medida de 0,25 mm. Este valor é o parâmetro da distância mínima entre feições de área e entre feições de linha e área que é perceptível às pessoas.

A operação foi aplicada somente ao *layer* de edificações residenciais. Como consequência da aplicação deste operador houve a formação de áreas construídas residenciais, resultando no surgimento de nova classe de feições, para a qual foram definidos símbolo e atributo.

Para resolver as condições geométricas de conflito e coalescência foi aplicada a operação de deslocamento. Esta operação surge da necessidade de representar um determinado conjunto de feições quando o espaço a ele destinado na carta é limitado. Neste trabalho o conflito e a coalescência foram resolvidos para as edificações residenciais em relação às vias urbanas, porque as vias determinam as estruturas urbanas. O conflito entre estas feições foi detectada visualmente na escala base, antes da redução de escala. A confirmação do conflito entre as edificações residenciais e as vias urbanas foi alcançada com auxílio do *software* de geoprocessamento, para a qual foi usado um valor que corresponde a uma medida de 0,25 mm, segundo os critérios de legibilidade. O processo de deslocamento foi realizado da seguinte maneira. As edificações residenciais foram deslocadas na direção e sentido definido do lote para a via. Foram deslocadas as edificações de forma individual, aquelas que conflitavam com as vias urbanas. Este operador desloca todos os vértices da feição à mesma distância e direção. Neste caso, foi usado um valor que corresponde a uma medida de 0,25 mm. Segundo Taura (2007), a separação entre feições de área e entre feições de área e linha é perceptível a partir de 0,25 mm.

Para a condição geométrica de imperceptibilidade podem ser aplicados os

seguintes operadores: simbolização, exagero e omissão. Neste caso, foi aplicado o operador de omissão para todos os topônimos que se tornaram ilegíveis com a redução de escala. A toponímia é descrita por MONMONIER (1991), como sendo um operador de abreviatura, a qual consiste em escrever uma informação textual de forma reduzida. Com efeito, aos topônimos que representam cemitérios, templos religiosos e hospitais deve haver uma atenção especial para não se incorrer no erro de omiti-los. Isto devido ao seu grau de importância bem como sua função de referência espacial na carta topográfica, tanto como em qualquer mapa de localização.

A atenção especial de não omitir algumas características é garantida pelo processo de pre-seleção, onde são selecionadas aquelas características que serão incluídas no mapa final e outras que serão descartadas. A pré-seleção depende, também da escala e do propósito do

mapa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As condições geométricas são demandadas por problemas de redução de escala de visualização das feições representadas. Para solucionar esses problemas, é necessário que se defina os operadores de generalização, e quais os critérios e parâmetros gráficos devem ser aplicados para cada caso, de modo a restabelecer a legibilidade das informações na carta derivada.

4.1 Condições geométricas detectadas

Neste tópico, são apresentados alguns recortes da base cartográfica da área de estudo onde ocorrem as seguintes condições geométricas investigadas neste trabalho: congestionamento, coalescência, conflito e imperceptibilidade. A Figura 2 mostra o congestionamento de edificações na escala 1:10.000.



Fig. 2 - Congestionamento de edificações na escala 1:10.000.

Nesta figura, pode-se observar que as edificações estão aglomeradas e é difícil de se perceber e se distinguir a separação entre elas. Isto ocorre porque há muitas edificações representadas e também estão próximas entre si. Pode-se perceber ainda que é difícil distinguir, por exemplo, as edificações residenciais das edificações de ruínas históricas. Esta dificuldade para se identificar as feições individuais, devido à proximidade ou à sobreposição entre elas são

os elementos que caracterizam o problema de legibilidade.

É apresentada a coalescência de feições na Figura 3. Nesta figura as edificações individuais são vistas como única, devido à aproximação entre elas. Os detalhes entre as edificações são difíceis de se perceber. Os topônimos Cemitério, Energia Campolarguense (COCEL), Indústria Gráfica (INGRA), só para citar alguns exemplos, tornaram-se ilegíveis. Os limites de propriedades não aparecem, pois

perderam sua representatividade.



Fig. 3 - Coalescência de feições na escala 1:10.000.

Ressalta-se ainda que nas áreas demarcadas por elipses, pode-se observar que não se percebe a cor da representação dos canteiros centrais. É de se salientar que a coalescência é tratada também como a aproximação excessiva entre as feições e sua sobreposição, na qual especifica-se o problema de legibilidade. Com isso, pode-se concluir que, se houver coalescência de feições, sempre existirá congestionamento das mesmas.

Na Figura 4 mostra-se a imperceptibilidade de edificações residenciais na escala 1:10.000.

Nesta figura, as edificações residenciais representadas na cor azul são aquelas que estão abaixo do tamanho mínimo de legibilidade, isto é, abaixo de 0,09 mm² de área, e que são consideradas ilegíveis em conformidade com os critérios de legibilidade. Em alguns casos, para resolver o problema de imperceptibilidade de edificações residenciais isoladas, pode-se coalescer algumas edificações residenciais alternadamente, mantendo o seu significado (atributo).

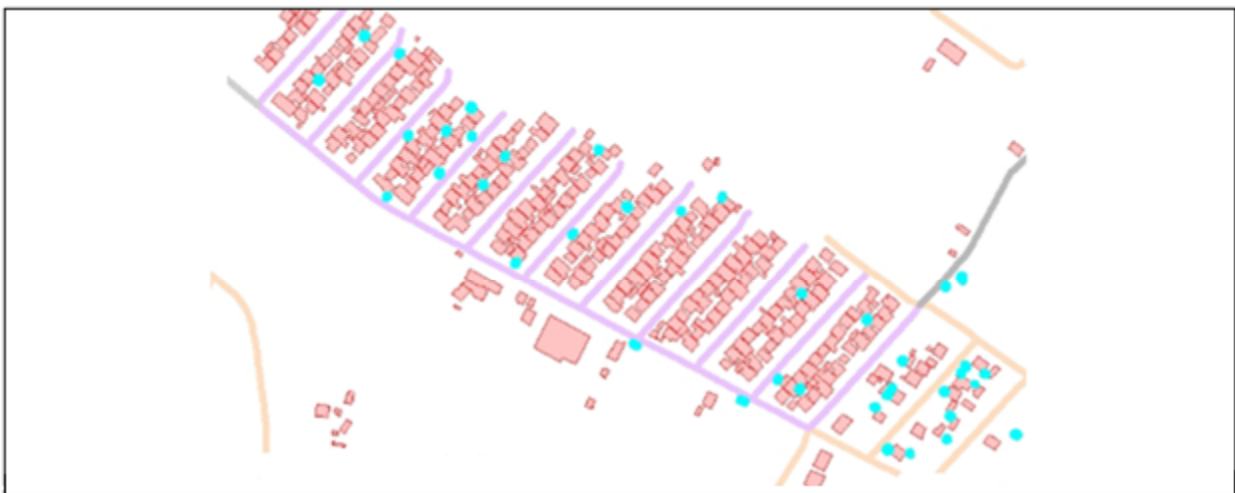


Fig. 4 - Imperceptibilidade de edificações residenciais na escala 1:10.000.

Na escala base (1:2.000), o número de edificações residenciais era de 39.559, já na escala derivada foram detectadas 4.939 edificações que estavam abaixo do tamanho de legibilidade. Isto significa que, na carta generalizada as edificações residenciais totalizavam um número de 34.620 antes da agregação. Isto também significa que

houve uma diminuição de 12,4% de edificações residenciais, indicando não necessariamente que a carta na escala 1:10.000 está menos poluída. Portanto, esta é somente uma das etapas da generalização cartográfica, que visa o restabelecimento da legibilidade.

O conflito entre edificações residenciais

e vias urbanas é ilustrado na Figura 5. A sobreposição de feições edificações residenciais e vias urbanas foram detectados visualmente na escala base, antes da redução da escala, por isso a apresentação da figura ocorreu na escala 1:2.000. Este problema foi considerado como consequência de falha de edição na elaboração

da carta durante o processo de restituição fotogramétrica no mapeamento topográfico da área em estudo. Com efeito, este problema deve sofrer o tratamento de generalização de modo a evitar que as mesmas falhas se reproduzam nas escalas derivadas.



Fig. 5 - Conflito entre edificações residenciais e vias urbanas na escala 1:2.000.

Este problema pode gerar interpretações erradas por parte dos usuários, porque é possível confundir as vias urbanas com os limites de propriedade, por isso deve-se realizar o redimensionamento destas feições no processo de generalização.

Com auxílio do *software* de geoprocessamento, foi possível detectar conflito de feições. Considera-se que as feições estão em conflito quando a distância entre elas encontra-se abaixo de 0,25 mm, segundo os critérios de legibilidade (TAURA, 2007; SSC, 1977) Entretanto, é de ressaltar que as condições geométricas de coalescência e conflito, compartilham uma característica em comum, que é a sobreposição de símbolos, sendo

eles do tipo ponto, linha e área.

4.2 Generalização das edificações

Com base nas condições geométricas detectadas e do entendimento dos tipos de transformações que caracterizam os operadores, e em conformidade com as transformações espaciais e de atributos (MCMMASTER e SHEA, 1992), foram definidos os seguintes operadores de generalização nesta pesquisa: seleção, eliminação, classificação, simbolização, simplificação, agregação e deslocamento. A Figura 6 ilustra o resultado da aplicação das operações de seleção e eliminação para as edificações residenciais.

As edificações em cor azul são aquelas selecionadas que estão abaixo de 0,30 mm, tamanho mínimo na escala 1:2.000	As edificações residenciais abaixo do tamanho mínimo foram omitidas e mantidas aquelas necessárias na escala 1:2.000	As edificações residenciais na escala 1:10.000

Fig. 6 - Seleção e omissão das edificações residenciais.

Verificou-se também que após a aplicação da operação de eliminação, a topologia e a geometria das edificações foram mantidas. No caso em que as edificações representam cemitérios, hospitais, igrejas ou escolas deve haver uma preocupação em não omitir essas feições,

pois são importantes referências espaciais. Após a seleção e a omissão de edificações residenciais, seguiu as suas simplificações. A Figura 7 ilustra o resultado da operação de simplificação de edificações residenciais.



Fig. 7 - Simplificação de edificações residenciais.

O resultado pode ser a criação de polígonos simplificados. Verificou-se também que a operação aplicada manteve as características originais das edificações e as suas relações topológicas com o resto das feições da carta.

As soluções encontradas neste estudo sobre a manutenção das características originais

das feições após a generalização estão em conformidade com as medidas resultantes propostas pela SSC (1977). A manutenção das características originais das feições se dá com a preservação das características topológicas e de forma das feições. A Figura 8 mostra o resultado da aplicação da operação agregação.

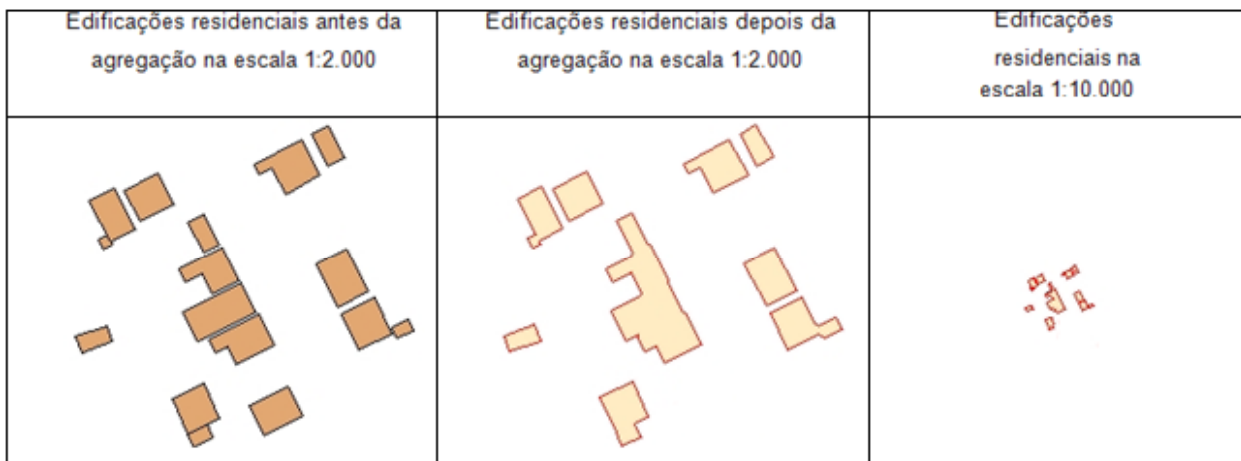


Fig. 8 - Agregação de edificações residenciais e formação de áreas construídas

A agregação preserva as características das feições após a redução de escala e pode criar uma nova classe de feições. A preservação das características originais consiste na preservação das dimensões originais do conjunto de feições em decorrência da aplicação do operador de generalização.

A Figura 9 mostra o resultado da aplicação

do operador de deslocamento. Nesta figura verifica-se que as edificações residenciais foram deslocadas. A operação introduziu mudança posicional dos pontos definidores das edificações residenciais. A precisão cartográfica não ficou comprometida, porque o valor do deslocamento foi estabelecido dentro dos parâmetros gráficos de legibilidade.

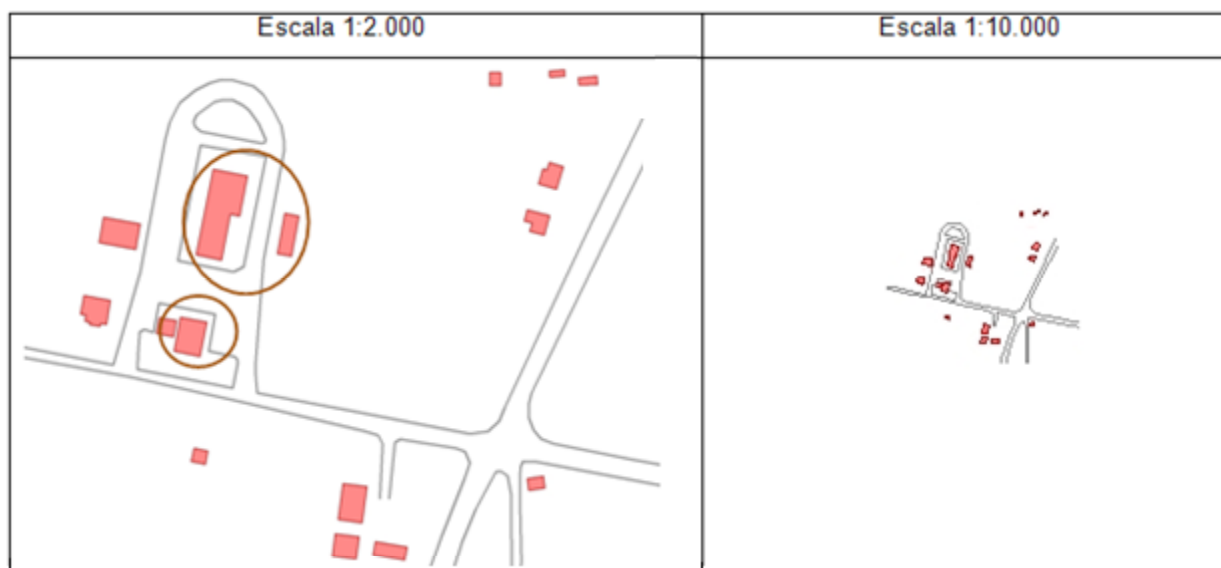


Fig. 9 - Deslocamento das edificações residenciais em relação às vias urbanas na escala 1:2.000 e 1:10.000.

Dentro da classe vias urbanas, tem-se a subclasse dos canteiros (em cor verde) que sofreram mudanças na sua primitiva gráfica, passaram de áreas para linhas devido à redução de escala. Na generalização das informações ocorreu a seleção dos canteiros que colapsaram em linha, porque o espaço a eles destinado era limitado e tornavam a carta congestionada. Devido processo de omissão dessas informações, pois devido à limitação do espaço a sua representação na escala final não é necessária,

, em consequência da redução da escala, os topônimos referentes a essas feições, foram também eliminados durante a generalização.

A Figura 10 mostra o resultado da generalização de canteiros centrais de vias (em cor verde) após a aplicação do operador de eliminação. Os canteiros que com a redução da escala perderam a sua representação e a sua tipologia foram generalizados individualmente de maneira a não tornar a carta congestionada.



Fig. 10 - Generalização de canteiros centrais de vias na escala 1:10.000.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho iniciou com a busca de soluções para os problemas demandados pela redução de escala em cartas topográficas de regiões urbanas. Os problemas tratados neste trabalho estão relacionados a como restabelecer a visibilidade e a legibilidade cartográfica na escala derivada. A solução para este problema assume como asserção o objetivo principal deste artigo, que foi a proposição para a detecção das condições geométricas em cartas

topográficas na escala 1:10.000 derivadas de 1:2.000 de regiões urbanas de edificações, vias, limites de propriedade e toponímia. A análise das características semelhantes das medidas espaciais e holísticas, e dos problemas de representação devido à redução de escala resultaram na detecção das condições geométricas tais como congestionamento, coalescência, conflito e imperceptibilidade.

No processo de generalização foi possível solucionar as condições geométricas

detectadas através da aplicação dos operadores de simplificação que suprimiram os detalhes não desejáveis, a agregação de edificações que resultaram em áreas construídas, diminuindo as edificações residenciais individuais e como consequência a formação de áreas construídas. Foram aplicados os operadores dentro dos critérios de legibilidade. Com base nestes procedimentos, foi restabelecida a legibilidade na carta derivada.

Recomenda-se que para pesquisas futuras seguir-se esta linha de raciocínio, ou seja, realizar-se avaliação cartométrica de outros produtos do Paranacidade, para além dos definidos nesta pesquisa. Assim, os problemas encontrados podem ser comparados em diferentes produtos para posteriormente apresentar-se uma proposta para solucionar-se tais problemas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Paraná pelos estudos, ao Paranacidade pela disponibilização da base cartográfica e a Prof^a Dr^a Cláudia Robbi Sluter pela orientação nas pesquisas.

REFERÊNCIAS

BERNARD, D. **Generalização Cartográfica: Proposta Metodológica para uma Transição de Escala Assistido por Computador**. São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade São Paulo. 167p.

CHENG, T; LI, Z. **Effect of Generalization on Area Features: A Comparative Study of Two Strategies**. Hong Kong. The Cartographic Journal. Vol.43 No 2. 2006. P 157-170.

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. 171p.

<<http://arconline.esri.com>>, acesso: 18 de junho de 2014.

JOÃO. E. M. **Causes and Consequences of Map Generalization**. Ed. Taylor & Francis Ltd, London. 1998. 266p.

KRAAK, M. J; ORMELING, F. **Cartography: Visualization of Spatial Data**. 3a Edição. 2010. 198p.

KEATES, J. S. **Cartographic Design and Production**. 2 ed. Essex: Logman Scientific & Technical, New York, 1989.

MCMMASTER, R. B.; SHEA, K. S. **Generalization in Digital Cartography**. III Series. Washington: Association of American Geographers, 1992. 134p.

MONMONIER, M. **How to lie with maps**. 1.ed. Chicago: The University of Chicago, 1991. 176p.

REGNAULD, N. **Contextual Building Typification in Automated Map Generalization. Algorithmica**, Nova York, nr. 30. 2001. P 312-333.

SLUTER, C. R. **Uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de projeto cartográfico como parte do processo de comunicação cartográfica**. UFPR. Portal da Cartografia. Londrina, v1, n.1, maio/ago., p.1 - 20, 2008. Disponível in: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia>.

SSC. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 2, 1977. 61p.

SSC. **Cartographic Generalization**, Cartographic Publication Series n. 17, 2002. 121p.

TAURA, T.A. **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**. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná. 81p.