

Generalização Cartográfica em estruturas vetoriais: aplicação em contornos de reservatórios

RESUMO

Os mapas devem conter uma densidade de informações que permitam a clara interpretação de seus objetivos. Nesse contexto, se aplica a generalização cartográfica que permite, entre outros, simplificar e suavizar a geometria dos objetos do mapa. Nesta generalização, são utilizados parâmetros que dependem da escala do mapa para que se consiga preservar sua legibilidade, bem como sua acurácia, de acordo com a escala derivada. No presente artigo, discute-se algoritmos de simplificação e suavização presentes no software ArcGIS, para estruturas vetoriais do tipo polígono, aplicados nas bordas extraídas a partir do contorno do reservatório Engenheiro Francisco Saboia, Ibimirim- PE, Brasil. O objeto generalizado foi avaliado a partir de medidas de qualidade, como: análise do número total de pontos, avaliação visual, topológica e posicional, a fim de decidir qual algoritmo de generalização melhor preservou as informações que caracterizam a feição inicial. Foi feita a fusão de imagens por Componentes Principais em imagem de satélite CBERS-4 para obter a feição do reservatório em escala inicial 1:25.000 e foram aplicados os operadores de generalização para obter a escala final de 1:50.000.

PALAVRAS-CHAVE: Generalização cartográfica. Estrutura Vetorial. Reservatório de água.

Laízy de Santana Azevedo

laizy_azevedo@hotmail.com

orcid.org/0000-0002-6083-0714

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

Evely Ferreira do Nascimento

evelynascimento@hotmail.com

orcid.org/0000-0002-5428-3814

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

Ana Lúcia Bezerra Candeias

analucia@ufpe.br

orcid.org/0000-0002-9021-7603

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

INTRODUÇÃO

A geração de mapas em diferentes escalas é uma das tarefas mais significativas na cartografia. Estando longe do trivial, a generalização se torna mais específica no ambiente de Sistema de Informação Geográfica -SIG (FILIPPOVSKA *et al.*, 2008).

A generalização é um componente essencial na cartografia. O processo de generalização extrai e reduz a informação da realidade ou de bases cartográficas originais e a apresenta em escala menor, atendendo ao padrão de exatidão cartográfica e conservando o significado essencial inerente às informações iniciais da área mapeada. Por outro lado, a generalização manual, como os meios tradicionais, é extremamente subjetiva e demorada (ESRI, 1996).

A extração do contorno do corpo d'água é uma parte importante para a gestão dos recursos hídricos e tem sido um tema abordado em vários trabalhos de pesquisa relacionados ao sensoriamento remoto. Diversos métodos de detecção de corpos d'água utilizam técnicas de sensoriamento e processamento de imagem para extração de linhas de contornos de lagos e de reservatórios. Um dos métodos é a classificação de imagens para análise da cobertura do solo (VIEIRA JUNIOR, 2011).

Para melhor aproveitamento das informações produzidas por diferentes sensores, alguns métodos de processamento de imagens têm sido propostos e, combinam imagens de diferentes características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original (CEPSRM, 2015).

O método da fusão de imagens por componente principal baseia-se na substituição da primeira componente pela imagem de maior resolução espacial, a qual pode ser contrastada de forma a ter média e variância próximas às da primeira componente (CEPSRM, 2015).

As características das feições da água são sensíveis à mudança de escala, portanto, múltiplas representações são necessárias para manter a lógica visual e geográfica em escalas menores (STUM *et al.*, 2017).

A generalização geométrica pode resultar em distorções geométricas no objeto resultante. Segmentos de linhas individuais podem ser deslocados em diferentes direções quando comparados ao modelo original. Além disso, o número de pontos e de linhas resultantes podem ser reduzidos, por isso pode ser difícil determinar uma correspondência única entre as primitivas geométricas da base e o objeto generalizado (FILIPPOVSKA *et al.*, 2008).

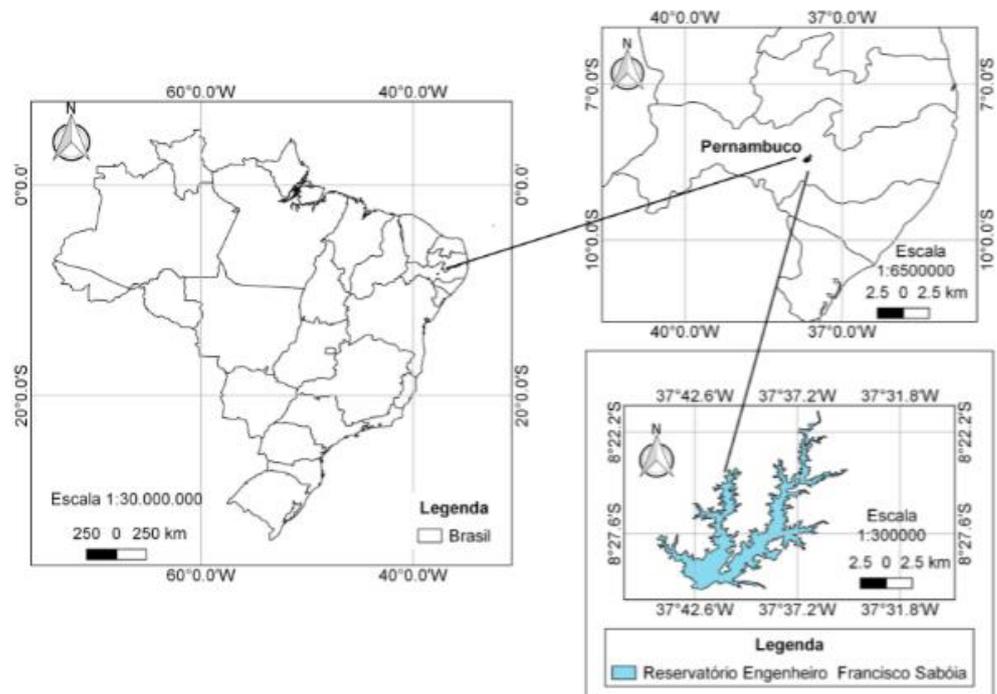
Este trabalho objetivou comparar os algoritmos de generalização de polígonos Douglas-Peucker e Wang para simplificação e, PAEK e Bézier Interpolation para suavização, ambos para estruturas vetoriais na mudança de escala de 1:25.000 para 1:50.000. Os autores comparam a aplicabilidade desses métodos com a utilização de diferente escala de representação através da avaliação do número total de pontos, visual, topológica e posicional.

MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DA FEIÇÃO A SER GENERALIZADA

O Reservatório Engenheiro Francisco Saboia, também conhecido como Açude Poço da Cruz, é o maior reservatório do Estado de Pernambuco com capacidade de armazenamento de 504 milhões de metros cúbicos de água (Figura 1). Está localizado no semiárido Nordeste e é a principal fonte hídrica para a irrigação do Perímetro Irrigado do Moxotó – PIMOX (MELO, 2010).

Figura 1– Localização da área de estudo



Fonte: Autoria própria (2018).

Para a realização deste estudo, foram utilizadas imagens que abrangem a área do Reservatório Engenheiro Francisco Saboia, Ibimirim – Pernambuco – Brasil, em sua totalidade, visto que a borda deste reservatório foi a feição escolhida para aplicação dos algoritmos de generalização.

Foram adquiridas, gratuitamente, por meio do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), imagens de 27 de dezembro de 2017, órbita 149 e ponto 109, que compreendem a um trecho do município de Ibimirim, Pernambuco-Brasil.

Estas imagens são do satélite CBERS-4 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), sensores MUX e a banda pancromática, com resoluções espaciais de 20 e 5 metros, respectivamente.

Grande parte do trabalho foi executada no software ArcGIS 10.2.2 pois este SIG disponibiliza inúmeros operadores necessários para a realização da generalização. Também foi utilizado o software Envi 5.3 para a execução da fusão de imagens.

O início dos trabalhos consistiu em realizar a fusão de imagens por componentes principais entre a composição colorida das bandas 8 (infravermelho próximo), 7 (vermelho), 6 (verde) do sensor MUX do satélite CBERS-4 com a banda pancromática, visando obter uma imagem com resolução espacial de 5 metros em escala de 1:25.000.

A fusão foi feita por Componentes Principais, pois este método apresenta melhores resultados quando comparado estatisticamente com outras técnicas, como pode ser visto em Aguiar e Batistella (2013) e Pinho *et al.* (2005).

Após a fusão de imagens, o primeiro operador de generalização cartográfica utilizado foi o de reclassificação, em que a tabela de atributos do arquivo original foi reclassificada de forma a diminuir a quantidade de classes. O número de classes foi reduzido de 9 para 7, pelo método *Natural Breaks* (Otimização de Jenks), utilizando-se a ferramenta *Reclassify*. Este método de classificação cria intervalos de classificação a partir de limiares naturais obtidos do histograma da imagem analisada.

Em seguida, a imagem inicial na escala 1:25.000, foi convertida para vetorial (ferramenta *Raster to Polygon*). As demais etapas do procedimento metodológico foram realizadas apenas com a feição de interesse que é o contorno do Reservatório.

APLICAÇÃO DOS OPERADORES DE GENERALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA PARA ESTRUTURAS VETORIAIS

A aplicação dos operadores de generalização cartográfica vetorial, simplificação e suavização, para a mudança de escala de 1:25.000 para 1:50.000, foi feita de maneira sequencial, ou seja, primeiro a simplificação e depois a suavização.

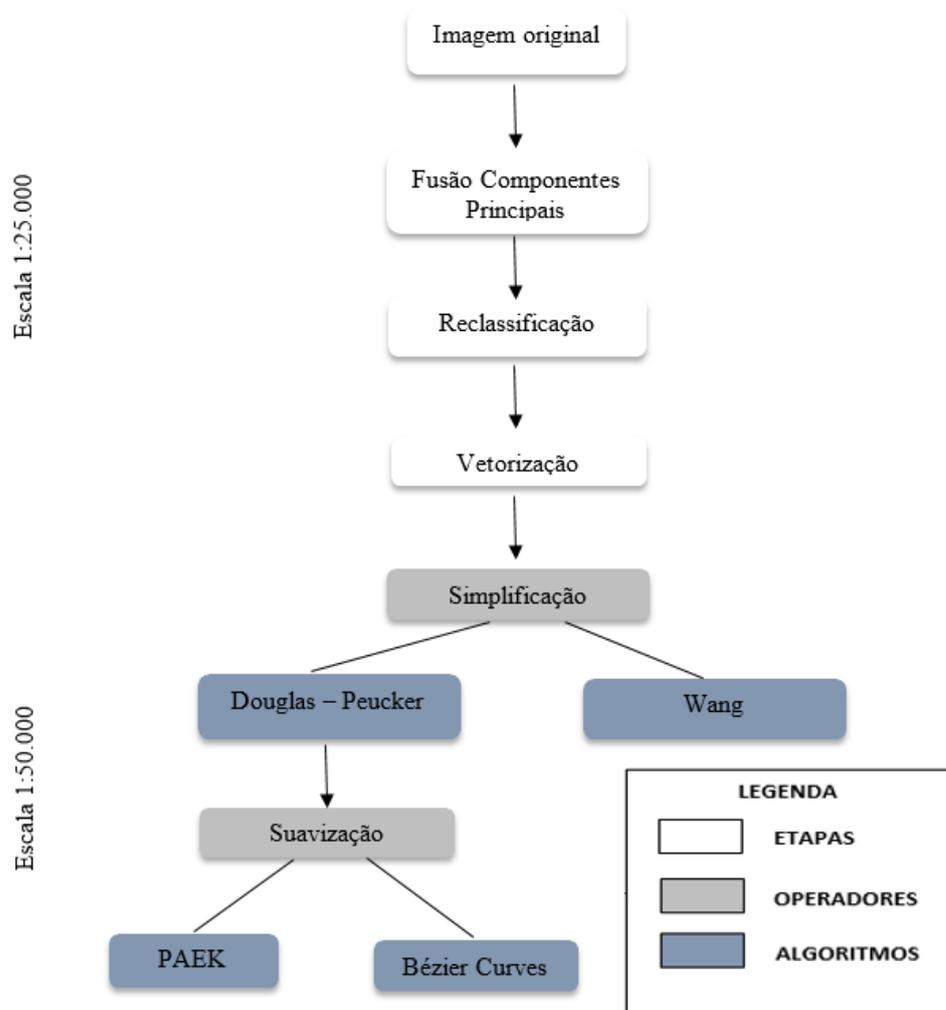
A partir da ferramenta *simplify polygon*, foi feita a simplificação do vetor do contorno do reservatório. Nesta etapa, foram escolhidos dois algoritmos: *Point Remove* (Douglas-Peucker) e *Bend Simplify* (Wang). Para cada um deles foi especificada uma tolerância que representa o grau de generalização.

O *Point Remove* (Douglas-Peucker) mantém pontos críticos que descrevem a forma essencial do polígono e remove todos os outros pontos. O algoritmo começa conectando os pontos finais de uma linha com uma linha de tendência. A distância de cada vértice para a linha de tendência é medida perpendicularmente. Vértices mais próximos da linha do que a tolerância são eliminados. A linha é então dividida pelo vértice mais distante da linha de tendência, que cria duas novas linhas de tendência. Os vértices restantes são medidos contra essas linhas, e o processo continua até que todos os vértices dentro da tolerância sejam eliminados (ESRI, 2016).

Bend Simplify (Wang) utiliza técnicas de reconhecimento de formas que detectam curvas, analisam suas características e eliminam as insignificantes. Propriedades geométricas de cada curva são comparadas com as de um semicírculo de referência, cujo diâmetro é igual à tolerância especificada (ESRI, 2016).

O fluxograma da Figura 2 apresenta os operadores utilizados e as etapas seguidas até a obtenção das feições generalizadas. Foram gerados dois produtos a partir da generalização do contorno do reservatório com diferentes tolerâncias.

Figura 2 – Etapas realizadas na generalização do contorno do reservatório



Fonte: Autoria própria (2018).

Todos os produtos finais foram submetidos às seguintes avaliações: número total de pontos, visual, topológica e posicional, a fim de que as melhores representações fossem identificadas. Para a análise do número total de pontos, foi feita uma comparação do número total de pontos da feição inicial na escala de 1:25.000 com as demais feições obtidas após a aplicação dos operadores de generalização.

Na avaliação visual apenas o senso crítico do responsável pela generalização foi considerado. A Avaliação Topológica foi baseada em duas regras: ausência de sobreposição de linhas e ausência de descontinuidades entre as linhas da feição. Para a avaliação posicional, foram criados buffers a partir da feição original com os mesmos valores estabelecidos para a tolerância da simplificação. A regra utilizada foi ausência de pontos fora das áreas de influência geradas.

Um grande problema nas etapas de simplificação e suavização é a falta de regras que permitam estabelecer valores de tolerância em função da variação de escala. Alguns autores citam o máximo deslocamento perpendicular permitido, ou o mínimo deslocamento angular permitido (LI; OPENSHAW, 1992), outros criaram regras multiplicando um certo valor pelo fator de redução de escala pretendido (D'ALGE, 2007). Sendo assim, para esta pesquisa foi estabelecida uma tolerância de 1mm e, adicionalmente, foram testados outros dois valores de tolerância definidos pela soma e pela subtração de 0,1 mm à tolerância definida anteriormente. A tolerância define quais os vértices permanecerão e quais serão eliminados da feição.

A Tabela 1 apresenta os valores das tolerâncias utilizados na execução dos processos de simplificação. Os valores foram obtidos a partir da sua multiplicação pelo fator de escala do mapa.

Tabela 1 – Valores de tolerância para a simplificação

Simplificação		Escala
		1:50.000
Tolerâncias	0,0009 m x fator de escala	45 m
	0,001 m x fator de escala	50 m
	0,0011 m x fator de escala	55 m

Fonte: Autoria própria (2018).

A partir dos resultados da simplificação, foi utilizado o operador de suavização com a ferramenta *Smooth Polygon*. Este operador suavizou as bordas do polígono, rearranjando os vértices e/ou adicionando novos vértices. Apenas os resultados obtidos da simplificação por Douglas- Peucker passaram por esta etapa pois verificou-se que os segmentos gerados apresentaram muitos vértices pontiagudos, demandando o uso deste operador.

Para a suavização foram aplicados os algoritmos de PAEK e Bézier Interpolation. Bézier Interpolation, suaviza os polígonos sem usar uma tolerância, criando e ajustando curvas de Bézier para corresponder a feição inicial. PAEK exige que uma tolerância seja adotada, neste caso os valores foram definidos como a metade das tolerâncias da simplificação (Tabela 2).

PAEK (Aproximação Polinomial com Kernel Exponencial) suaviza os polígonos com base em uma tolerância de suavização. As coordenadas atuais do ponto são calculadas pela média ponderada das coordenadas de todos os pontos da linha de origem. Os pesos de cada ponto diminuem com a distância ao longo da linha até o ponto atual. Além da média, é usada a aproximação com polinômios do segundo grau. A linha suavizada não necessariamente contém todos os vértices da linha de origem, exceto os pontos finais. O resultado depende da tolerância de Suavização que especifica o comprimento do movimento do trajeto dos pontos ao longo da linha original. Quanto maior a distância entre os pontos, mais suavizadas são as linhas resultantes. Cada nova posição é calculada usando a média da distância entre as coordenadas dos pontos.

Tabela 2 – Valores de tolerância para a suavização

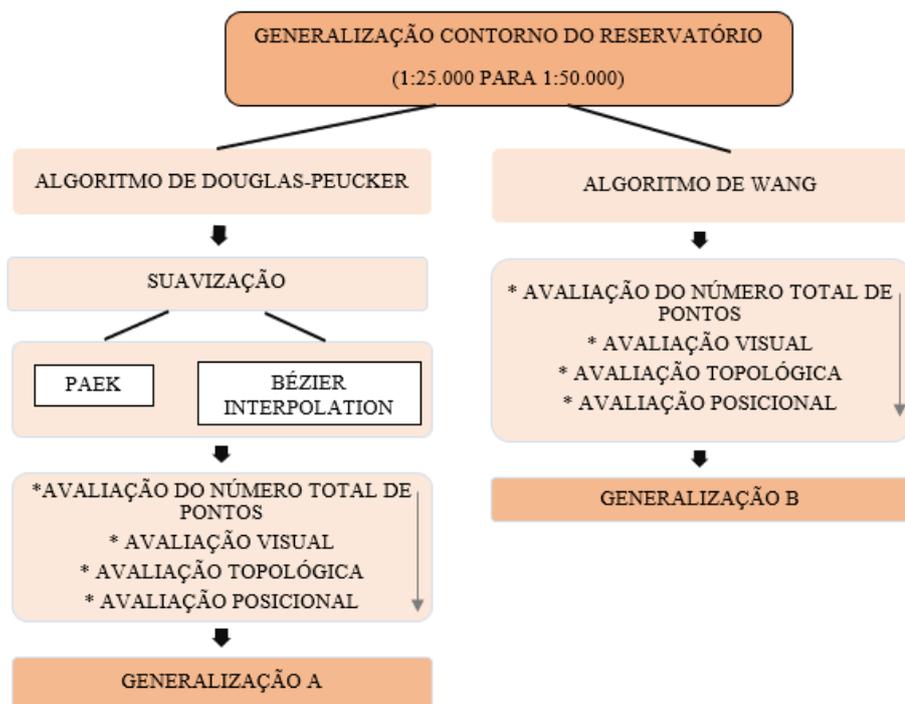
Suavização		Escala
		1:50.000
Tolerâncias	$(0,0009 \text{ m} \times \text{fator de escala}) / 2$	22,5 m
	$(0,001 \text{ m} \times \text{fator de escala}) / 2$	25 m
	$(0,0011 \text{ m} \times \text{fator de escala}) / 2$	27,5 m

Fonte: Autoria própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fluxograma mostrado na Figura 3 apresenta os algoritmos utilizados na etapa da generalização da redução de escala 1:25.000 para 1:50.000. Neste caso, foram gerados dois produtos, denominados de generalização A e de generalização B, em que cada um deles contém subprodutos relacionados as diferentes tolerâncias testadas.

Figura 3 – Etapas realizadas na generalização do contorno do reservatório escala 1:25.000 para 1:50.000

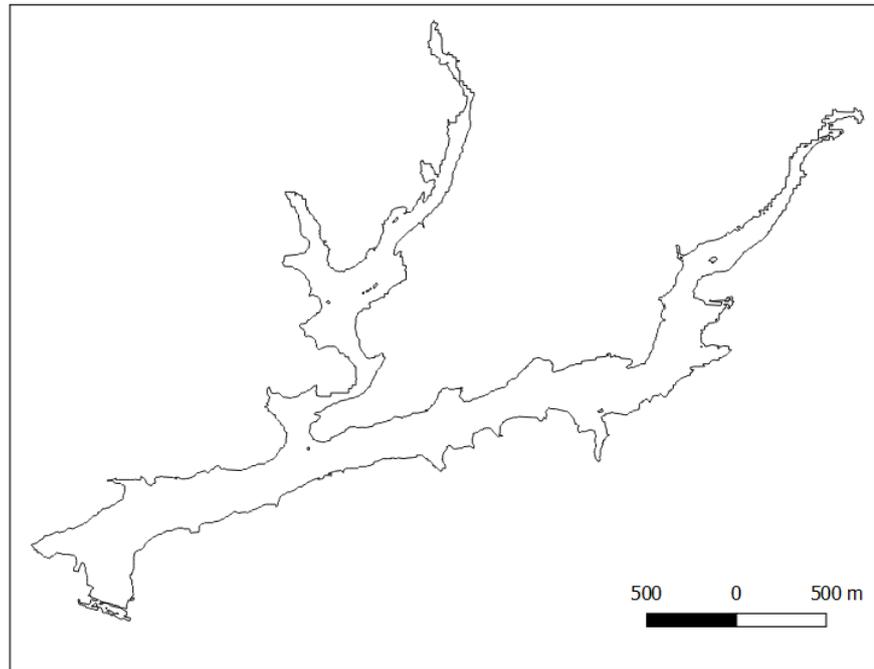


Fonte: Autoria própria (2018).

ETAPA DA SIMPLIFICAÇÃO

As características da feição do contorno do reservatório original na escala de 1:25.000 são mostradas na figura 4. A partir dela obteve-se os resultados da simplificação que são mostrados a seguir.

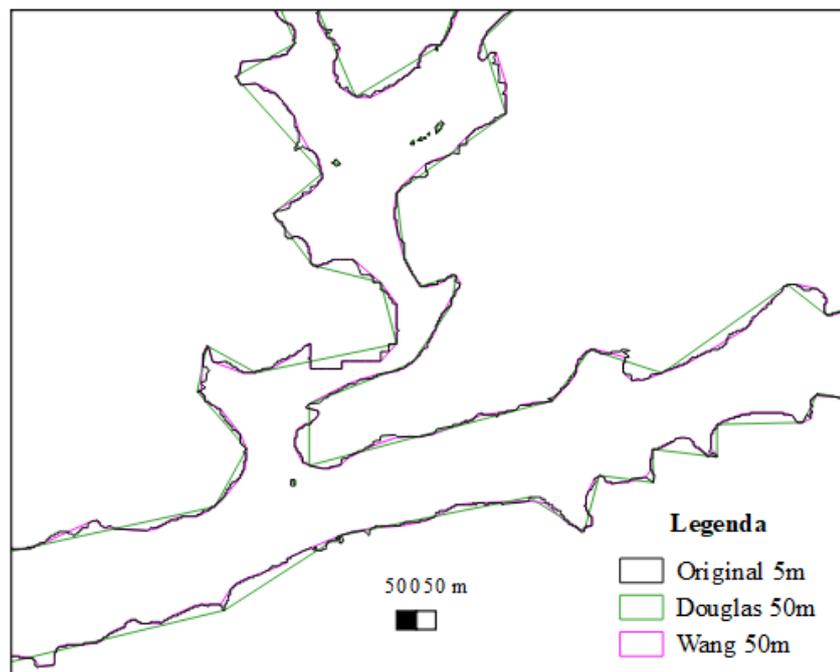
Figura 4 – Arquivo feição original (original 5m)



Fonte: Autoria própria (2018).

As feições geradas foram sobrepostas ao contorno original. A figura 5 mostra uma comparação entre o vetor original e as feições geradas após a aplicação dos algoritmos com tolerância padrão de 1mm. É possível notar a diferença entre os produtos gerados, sendo o vetor gerado por Wang mais parecido com o original em comparação ao resultado de Douglas-Peucker.

Figura 5 – Comparação entre a feição original, Douglas e Wang ampliadas e com tolerâncias padrão de 1mm



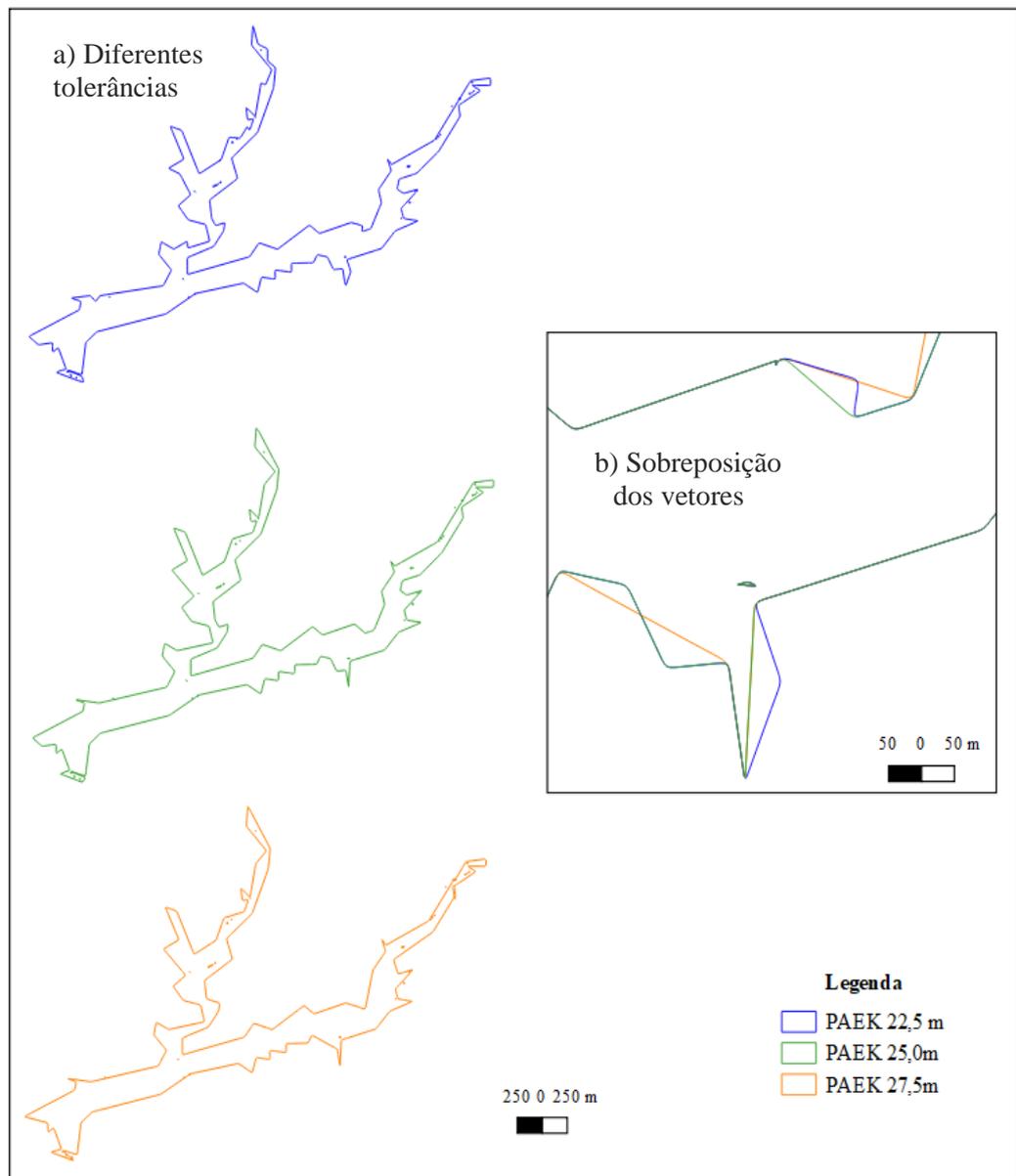
Fonte: Autoria própria (2018).

Nota-se um aspecto pontiagudo no produto gerado por Douglas-Peucker, diferentemente do Wang, sendo, portanto, necessária a aplicação de um algoritmo de suavização.

ETAPA DA SUAUIZAÇÃO

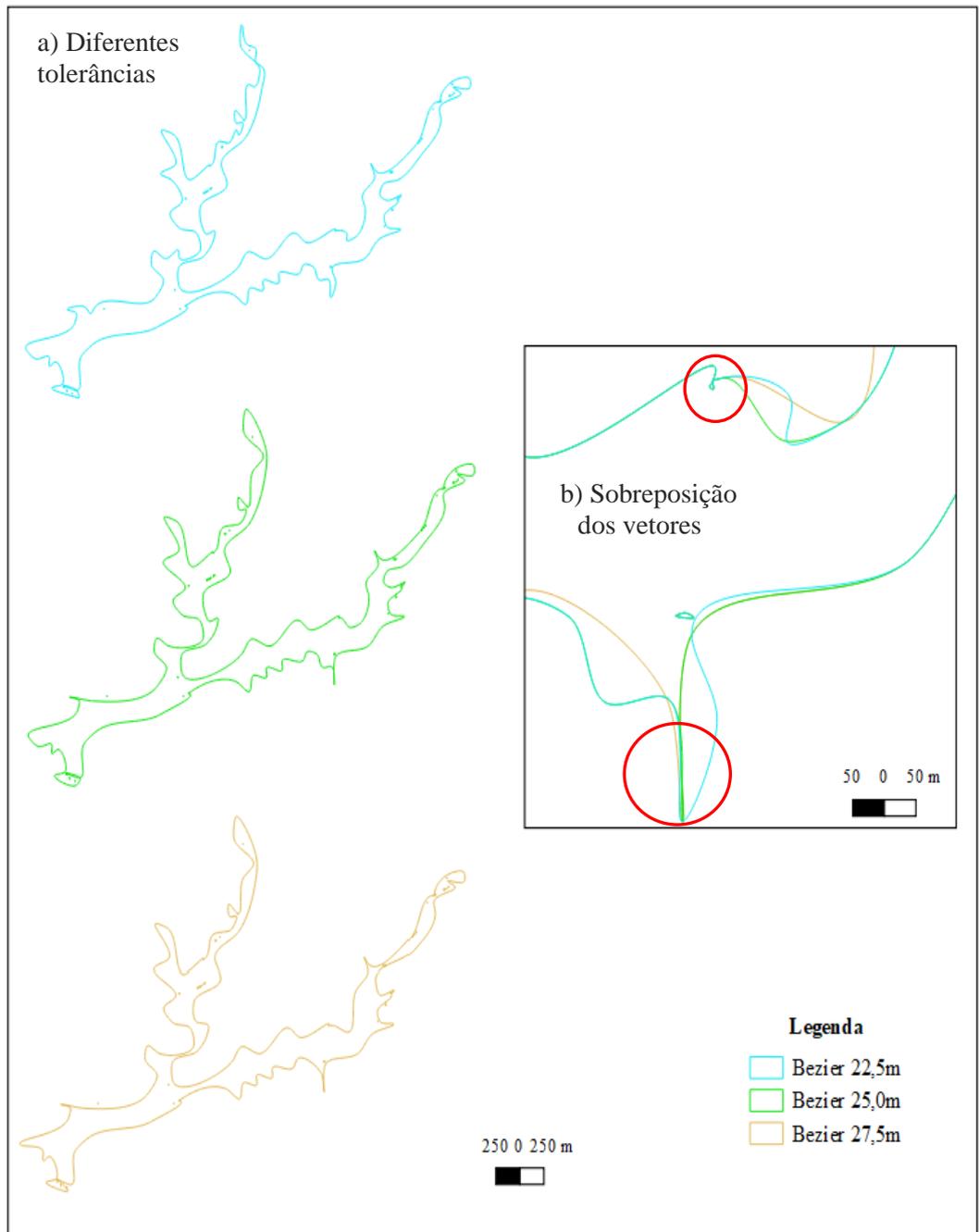
Apenas os resultados obtidos pelo algoritmo de Douglas-Peucker passaram pelo processo de suavização. Nas Figuras 6 e 7 podem ser observados a aplicação do algoritmo de suavização de PAEK e *Bézier Interpolation*, respectivamente. Nota-se que o aspecto pontiagudo gerado na simplificação por Douglas-Peucker foi minimizado com a aplicação da suavização. Também, nota-se em Bézier a presença de erros topológicos destacados com uma circunferência.

Figura 6 – Suavização PAEK. a) diferentes tolerâncias b) sobreposição dos vetores



Fonte: Autoria própria (2018).

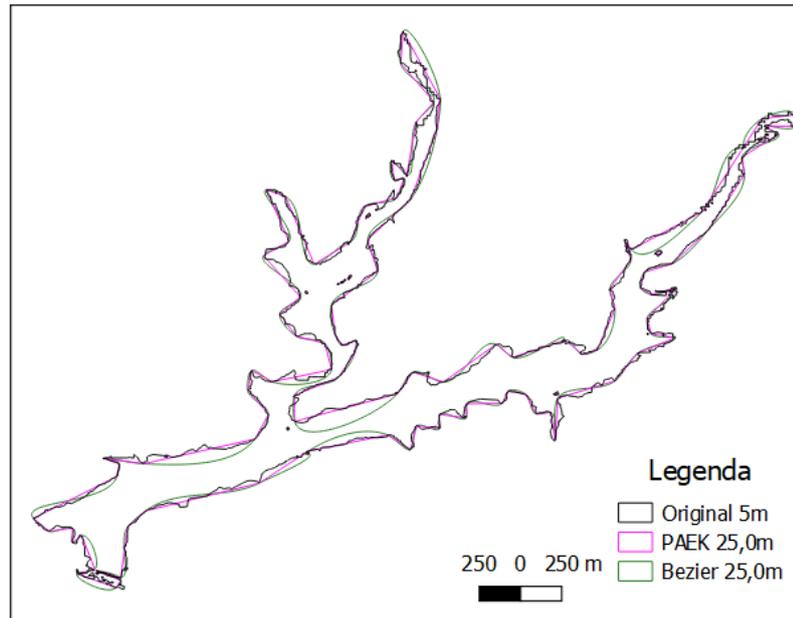
Figura 7 – Suavização Bézier. a) diferentes tolerâncias b) sobreposição dos vetores



Fonte: Autoria própria (2018).

A feição original e as feições após a aplicação dos algoritmos de Suavização foram comparadas na Figura 8. Percebe-se a presença de muitas curvas entre os pontos causadas pelo algoritmo utilizado fazendo com que a feição perca suas características originais em muitos casos. Diferente disso, PAEK apresenta características semelhantes a feição, sem erros topológicos, por isso é considerado mais adequado.

Figura 8 – Comparação entre a feição original e PAEK e Bézier com tolerâncias padrão de 0,5mm



Fonte: Autoria própria (2018).

AVALIAÇÕES DAS REPRESENTAÇÕES

Os produtos generalizados foram avaliados segundo 4 critérios distintos, sendo eles: número total de pontos, visual, topológica e posicional baseado em Vasconcelos (2012).

Comparou-se a feição original e os produtos após a aplicação dos algoritmos de simplificação de linhas, com relação ao percentual de redução do número total de pontos (Tabela 3).

Tabela 3 – Percentual de redução do número total de pontos – etapa da simplificação

Arquivos	Número de pontos	Percentual de redução (%)
Original 5 m	3657	---
Wang 45m	920	74,8427
Wang 50m	865	76,3467
Wang 55m	775	78,8077
Douglas 45m	301	91,7692
Douglas 50m	287	92,1520
Douglas 55m	282	92,2887

Fonte: Autoria própria (2018).

O algoritmo de Douglas-Peucker reduziu em mais de 90% a quantidade de pontos com relação a feição original. Já Wang, apresentou uma redução do número de pontos em torno de 75%.

Também foi feita uma comparação entre a feição original e os produtos gerados na suavização, com relação a redução do número total de pontos. PAEK gerou redução que varia de 16 a 29 %. Já Bézier gerou menores reduções ficando entre 5 e 12 %.

Tabela 4 – Percentual de redução do número total de pontos – etapa da suavização

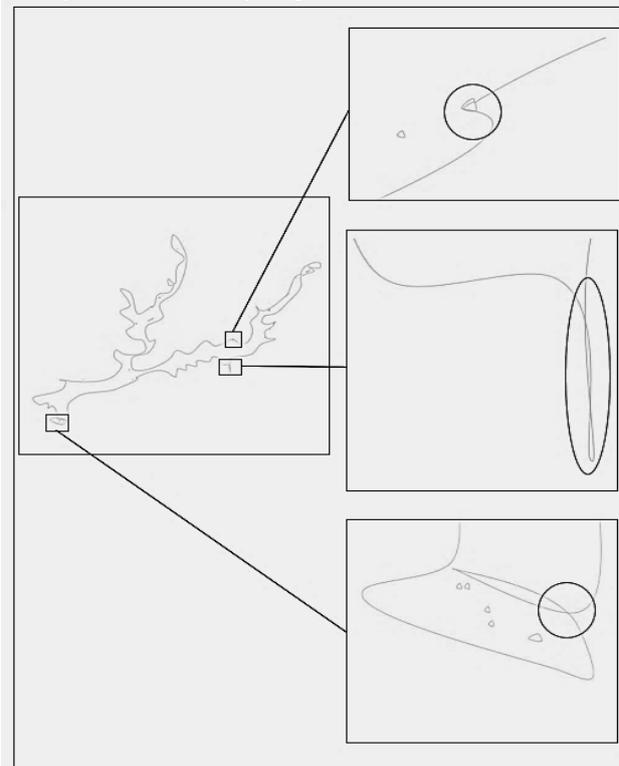
Arquivos	Número de pontos	Percentual de redução (%)
Imagem 5 m	3657	--
PAEK 22,5m	3058	16,3795
PAEK 25,0m	2751	24,7744
PAEK 27,5m	2566	29,8331
Bézier 22,5m	3460	5,38692
Bézier 25,0m	3257	10,9379
Bézier 27,5m	3185	12,9067

Fonte: Autoria própria (2018).

Na Avaliação Visual, foi considerado o senso crítico do responsável pela generalização. De acordo com a Swiss Society of Cartography (1977), a redução dos símbolos deve ser feita até a condição em que é possível discriminá-los. Desta forma, observou-se se a feição permanecia identificável. Dentre todos os algoritmos utilizados, o Bézier Interpolation apresentou piores resultados para as três tolerâncias utilizadas, pois sua representação ficou muito divergente da feição original, sendo assim, foi considerado desclassificado.

O critério de avaliação Topológica baseou-se em duas regras, sendo elas: ausência de sobreposição de linhas e ausência de discontinuidades entre as linhas da feição. Estas são duas regras de linha importantes encontrados em ESRI (2009). Algumas não se aplicam ainda por tratar-se apenas de uma linha que representa um polígono, como no caso do erro de lacuna. Analisando os resultados obtidos, apenas Bézier apresentou erros topológicos referentes a sobreposição de linhas, nas três tolerâncias utilizadas (Figura 9).

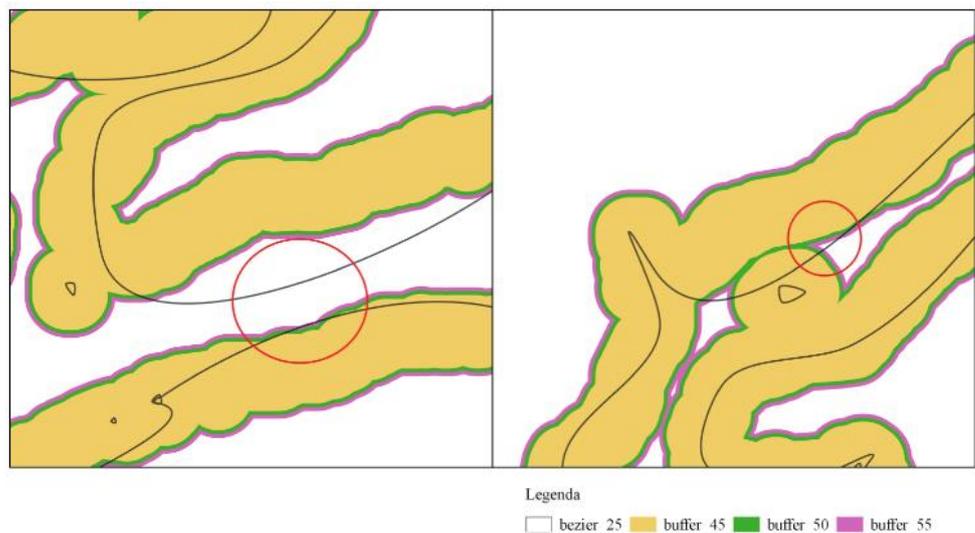
Figura 9 – Exemplos dos erros topológicos encontrados nos vetores gerados por Bézier



Fonte: Autoria própria (2018).

Foram geradas três áreas de influência, de acordo com as tolerâncias utilizadas, a partir da feição original para a avaliação Posicional, sendo necessário, que a feição linear generalizada estivesse totalmente contida dentro da área de influência gerada para ser considerada classificada, ou seja, o limite de deslocamento das linhas aceitável neste trabalho é no máximo até o equivalente a tolerância. Nesta avaliação, foram encontrados apenas erros com relação a Bézier, para as três tolerâncias (Figura 10).

Figura 10 – Exemplos dos erros posicionais nos vetores gerados por Bézier



Fonte: Autoria própria (2018).

Na Tabela 5 estão resumidas as classificações definidas pelos autores a partir das avaliações realizadas referentes as generalizações. Apenas os resultados gerados por Bézier foram considerados inadequados na mudança de escala de 1:25.000 para 1:50.000, nas três tolerâncias estudadas, visto que não foram obtidos bons resultados visuais, apresentaram erros topológicos e segundo o critério dos autores, ultrapassaram o limite de variação posicional estabelecido.

Tabela 5 – Classificação da qualidade das representações

Escala 1:25.000 para 1:50.000			
Arquivo	Avaliação visual	Avaliação topológica	Avaliação posicional
Wang 45m	Classificado	Classificado	Classificado
Wang 50	Classificado	Classificado	Classificado
Wang 55	Classificado	Classificado	Classificado
PAEK 22,5	Classificado	Classificado	Classificado
PAEK 25,0m	Classificado	Classificado	Classificado
PAEK 27,5m	Classificado	Classificado	Classificado
Bézier 22,5m	Desclassificado	Desclassificado	Desclassificado
Bézier 25,0m	Desclassificado	Desclassificado	Desclassificado
Bézier 27,5m	Desclassificado	Desclassificado	Desclassificado

Fonte: Autoria própria (2018).

CONCLUSÃO

A avaliação dos resultados de generalização a partir dos critérios adotados visou validar a aplicabilidade da automação da generalização de linha utilizando a feição do reservatório.

Após a aplicação dos algoritmos, verificou-se que ambos são métodos rápidos de generalização, porém, numa análise qualitativa e quantitativa algumas aplicações não apresentaram bons resultados para a cartografia. O algoritmo de Douglas-Peucker, utilizando as tolerâncias definida no trabalho, apresentou a característica de eliminar mais pontos da linha em relação ao de Wang, tornando os dados menos detalhados, porém perdendo, nesta situação, as características topológicas da feição original, formando alguns vértices pontiagudos e tornando necessário o uso de algoritmos de suavização. Já o algoritmo de Wang elimina menor quantidade de pontos, mas conserva uma topologia mais próxima da linha original apresentando melhor ajuste. Dentre estes, o algoritmo de Douglas-Peucker é o melhor para simplificação até o ponto em que as feições se tornam muito diferentes da original, o que está diretamente relacionado a tolerância utilizada.

O PAEK mostrou-se melhor que o Bézier aplicado na suavização das feições geradas pela simplificação de Douglas-Peucker, visto que em Bézier houve uma divergência considerável da feição original, sendo desclassificado pelos critérios de avaliação visual, topológica e posicional adotados.

O desempenho dos algoritmos, do ponto de vista cartográfico, obtidos neste trabalho mostra que é mais adequado o uso do algoritmo de simplificação de Douglas-Peucker seguido do algoritmo de suavização PAEK ou o uso direto do algoritmo simplificação de Wang para a representação de feições com aplicação em corpo hídrico na mudança de escala de 1:25.000 para 1:50.000.

Cartographic generalization in vector structures: application in reservoir contours

ABSTRACT

The maps must contain a density of information that allows the clear interpretation of its objectives. In this context, cartographic generalization is applied, which allows, among other things, to simplify and smooth the geometry of map objects. In this generalization, parameters that depend on the scale of the map are used so that its readability can be preserved, as well as its accuracy, according to the derived scale. In this paper, we discuss the simplification and smoothing algorithms present in the ArcGIS software, for polygon vector structures, applied to the edges extracted from the contour of the reservoir Engenheiro Francisco Saboia, Ibimirim-PE, Brazil. The generalized object was evaluated through quality measures, such as: analysis of the total number of points, visual, topological and positional evaluation, in order to decide which generalization algorithm best preserved the information that characterizes the initial feature. Images were merged by Principal Components into CBERS-4 satellite imagery to obtain the reservoir feature at 1: 25,000 and the generalization operators were applied to obtain the final scale of 1: 50,000.

KEYWORDS: Cartographic Generalization. Vector Structures. Water Reservoir.

REFERÊNCIAS

Aguiar, C. R.; Batistella, D. Análise das técnicas de fusão de imagens aplicadas ao satélite CBERS-2B (CCD-HRC). **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.34.45/doc/p0542.pdf?languagebutton=en>>. Acesso em set. 2018.

CEPSRM, Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. **Página Dinâmica para Aprendizado do Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/fusao.html>>. Acesso em set. 2018.

D'alge, J. C. L. **Generalização cartográfica em sistemas de informações geográfica: aplicação aos mapas de vegetação da Amazônia Brasileira**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

ESRI, Automation of Map Generalization – **The Cutting-Edge Technology, White Paper Series**, May, 1996; Disponível em: <http://downloads.esri.com/support/whitepapers/ao_mapgen.pdf> . Acesso em set. 2018.

ESRI, **Smooth Polygon**. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/smooth-polygon.htm>>. Acesso em ago. de 2018.

FILIPPOVSKA, Y.; WALTER, V.; FRITSCH, D. "Quality evaluation of generalization algorithms". **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Beijing, 2008.

LI, Z.; OPENSHAW, S. Algorithms for automated line generalization based on a natural principle of objective generalization. **International Journal of Geographic Information Systems**, v. 6, n. 5, p. 373-389, 1992.

MELO, C. R. **Análise do eixo leste da transposição do Rio São Francisco face aos cenários de uso previstos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco-Recife, 2010.

PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**, Goiânia, GO, Brasil. p. 4225-4232, 2005. Disponível em: <marte.sid.inpe.br/attachment.cgi/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.20.14/.../4225.pdf>. Acessos em set. 2018

STUM, A. K.; BUTTENFIELD, B. P.; STANISLAWSKI, L. V. Partial polygon pruning of hydrographic features in automated generalization . **Transactions in GIS**, v.21, n.5, 1061–1078, 2017. <https://doi.org/10.1111/tgis.12270>.

Swiss Society of Cartography. **Cartographic Generalization, Cartographic Publication Series** n. 2, 1977. 61p.

TAVARES JÚNIOR, J. R.; SANTOS, J. G.; CANDEIAS, A. L.B. Análise de múltiplas imagens para detecção de bordas do Reservatório de Sobradinho, Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23 n.2, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n2/1809-4457-esa-23-02-253.pdf>>. Acesso de 22 set. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018146952>.

VASCONCELOS, T. L. **Generalização Cartográfica para feições lineares em ambiente digital**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco-Recife, 2012.

VIEIRA JUNIOR, J. A. **Análise comparativa dos métodos de classificação de imagens de alta resolução para mapeamento da cobertura do solo**. Monografia de especialização em geoprocessamento. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011.

Recebido: 06 nov. 2018

Aprovado: 01 out. 2019

DOI: 10.3895/rbgeo.v7n3.9033

Como citar: AZEVEDO, L. S.; NASCIMENTO, E. F.; CANDEIAS, A. L. B. Generalização cartográfica em estruturas vetoriais: aplicação em contorno de reservatórios. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 7, n. 3 p. 132-148, jul/set. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Laízy de Santana Azevedo

Avenida da Arquitetura, S/N, CEP 50740-550, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

