

## Comparação entre dois métodos de generalização cartográfica semi-automática em ambiente matricial

Diogo Noses Spinola<sup>1</sup>

Elpídio Inácio Fernandes Filho<sup>1</sup>

Raquel de Castro Portes<sup>1</sup>

Bruno de Carvalho Resck<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa – UFV/DPS

Av. Peter henry rolfs s/n - campus universitário - cep: 36570 000 – Viçosa – MG, Brasil

diogo.spinola@ufv.br; elpidio@ufv.br; raquel\_portes@yahoo.com.br;

bruno\_resck@yahoo.com.br

**Abstract.** One of the challenges of digital cartography is the complete automation of generalization. However, there is no convergence in the literature about this possibility. The aim of this work was to generalize using semi-automatic techniques a land cover map in the original scale 1:20.000 to 1:50.000 in raster format. We tested two scenarios, using six operators: categorization; dilation, erosion, amalgamation, elimination and numerical. In the second scenario were excluded operators: dilation, erosion and amalgamation, to verify the real need to use them. To evaluate the effectiveness of the scenarios were analyzed variables related to the area, perimeter, compactness coefficient, preservation of the pixels groups, and visual analysis. The perimeter and the coefficient of compactness are related to the geometry of features. The scenario that can produce the smallest changes in this variables and preserve a larger numbers of pixels groups would be considered the most efficient. The results show that the second scenario, although producing biggest changes in the variables, those were not visually perceptible in the final map. Moreover, the second scenario has preserved a greater number of pixels groups. So it was more effective because, by excluding other procedures, the analysis was faster. Agreeing with the literature, the totally automatization of generalization may never be possible, because there is no single way to generalize. It depends on many factors, such as purpose of the map; reduction of scale, knowledge of the professional, among others.

**Palavras – chave:** catographic generalization, digital cartography, geographic information systems, raster operators  
generalização cartográfica, cartografia digital, sistemas de informações geográficas, operadores raster.

### 1. Introdução

Generalização cartográfica é definida como um processo de adequação da base de dados e de sua representação gráfica, transformando o uso de dados geográficos a diferentes níveis de abstração, permitindo o uso da mesma informação a diferentes objetivos e usuários.

Em geral, o maior objetivo da generalização é reduzir a complexidade de base de dados e a geometria dos objetos, pressupondo uma visualização menos poluída do conteúdo geográfico, preservando as características e integridade dos dados geográficos, reduzindo o nível de detalhe na sua representação (ESRI, 1996).

O conceito de generalização digital e sua conseqüente automatização são relativamente recentes em relação à cartografia em geral. Segundo Meng (1997) esta problemática foi formulada pela primeira vez nos anos 1960, onde recebeu respaldo até o início dos anos de 1980, onde surgiram às contestações e divergências até 1990, onde permaneceu estagnado por meia década, havendo em 1995 uma nova retomada das pesquisas.

Atualmente, um dos desafios da generalização é sua completa automatização, no entanto, alguns autores discordam desta possibilidade (IMHOF, 1982). Acredita-se que não há possibilidade de se generalizar um mapa sem a intervenção de um profissional, principalmente porque não há um consenso de como a generalização deve ser realizada (RAISZ, 1962).

No entanto, os atuais SIG's permitem que se automatize parte do processo, diminuindo em grande parte o tempo para a produção de mapas em escala reduzida.

É conhecido na literatura a generalização em formato vetorial e em formato matricial. Enquanto a generalização dos dados vetoriais pode ser dividida no campo de atributos e no campo geométrico, a generalização de dados em formato matricial é essencialmente ligada ao campo dos atributos, onde a unidade lógica é a célula (ou *pixel*) que é atribuída um conjunto de propriedades.

Tanto para o formato vetorial, quanto para o matricial, o conjunto de ações que se aplica sobre os objetos, são denominados “operadores”.

O objetivo deste trabalho foi aplicar um conjunto de operadores conhecidos na literatura para generalizar de forma semi-automática o mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Corrégo São Joaquim, Araponga – MG. O mapa em questão foi produzido originalmente em escala 1:20.000 e foi reduzido para escala 1:50.000 em formato matricial com resolução espacial de 4 metros. Foram realizados dois diferentes cenários comparativos e avaliados quanto a sua eficácia.

## 2. Metodologia de Trabalho

Foram aplicados os operadores, nesta ordem:

**Categorização** (McMaster e Monmonier, 1989): Envolve métodos de redução de detalhes através do agrupamento em classes mais genéricas como o agrupamento por temas (uso, tipo de solo) ou por intervalos de valor.

**Dilatação** (Meng, 1997): Os agrupamentos de *pixels* são expandidos de acordo com o limiar proposto, em número de *pixels*.

**Erosão** (Meng, 1997): Aplica-se este operador após a dilatação, removendo *pixels* espúrios.

**Amalgamação** (Meng, 1997): *Pixels* de mesmo valor que estão próximos, porém, não estão conectados, passam a se conectar. É usualmente aplicado a grupo de *pixels* que tem a área mínima mapeável (AMM) insuficiente, pois, após esta operação podem passar a ter área superior e não serem excluídos.

**Eliminação** (Meng, 1997): Quando um determinado objeto tem área inferior à Área Mínima Mapeável (AMM) ele é eliminado do mapa final.

**Numérica** (McMaster e Monmonier, 1989): Também denominada filtros espaciais. Este operador causa uma espécie de “borramento” na imagem, diminuindo os contrastes, através de uma máscara ou janela que percorre toda a imagem tendo um núcleo (*pixel*) central e alterando seu valor de acordo com os valores vizinhos.

Considerou-se neste trabalho, que os operadores dilatação e erosão são aplicados sequencialmente resultando no operador amalgamação.

Foram realizados dois cenários distintos. O primeiro utilizando os operadores dilatação e erosão (amalgamação) além dos outros. O segundo cenário é uma contraprova, verificando a real necessidade do uso de tais operadores, se a amalgamação preservou grupos de *pixels* que poderiam ser eliminado, mas, que após este operador, apresentaram áreas superiores à AMM.

Foi utilizado neste trabalho os algoritmos disponíveis no software ArcGis 9.3.1 (ESRI, 2007).

### 2.1.1 ° Cenário

#### Operador Categorização

O primeiro passo foi classificar as classes originais em classes genéricas que contenham características semelhantes, utilizando o operador categorização, diminuindo de 15 para 10

classes de uso e cobertura do solo. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *Reclassify*, disponível na caixa de ferramentas *Spatial Analyst*.

### Operador Amalgamação

Em seguida foram aplicados os operadores dilatação, erosão. Foi utilizada a ferramenta *Boundary Clean*, com a rotina *Ascend* disponível na caixa de ferramentas *Spatial Analyst*. Essa ferramenta realiza automaticamente a dilatação seguida da erosão e então amalgamação. A rotina adotada dá prioridade para as menores áreas no caso de haver sobreposição de classes diferentes.

### Operador Eliminação

O operador eliminação foi aplicado em seguida. Para determinar a AMM aplicou-se a sequência de equações.

$$\text{Lado} = \text{escala alvo} \times \text{acuidade visual} \quad (1)$$

$$\text{Área em m}^2 = \text{lado} \times \text{lado} \quad (2)$$

$$\text{AMM em hectares} = \frac{\text{área}}{10.000\text{m}^2} \quad (3)$$

Neste caso:

$$\text{Lado} = 50.000 \times 0.2 = 10.000 \text{ cm} = 100\text{m}$$

$$\text{Área em m}^2 = 100 \times 100$$

$$\text{Área em hectares} = \frac{10000}{10.000\text{m}^2} = 1 \text{ ha ou } 16 \text{ pixels}$$

### Operador numérico

Em seguida, com o mapa apresentando apenas as regiões com área apresentável, aplicou-se o operador numérico. É um filtro majoritário, onde a célula central, a partir de uma “janela” de tamanho opcional, tem uma quantidade de *pixels* vizinhos. A partir dos valores predominantes dos vizinhos, o valor do *pixel* central é alterado de acordo com esse valor majoritário. Este operador implica na suavização das bordas, tornando o mapa esteticamente mais agradável, especialmente quando se reduz a escala.

O algoritmo selecionado para este operador é encontrado na caixa de ferramentas *Spatial Analyst – Neighborhood* na ferramenta *Focal Statistics*. Foi aplicada uma janela espacial retangular de 3x3; 6x6 e 9x9 com 9; 36 e 81 *pixels* vizinhos respectivamente.

#### 2.2. 2º Cenário

A diferença fundamental deste cenário caso para o primeiro é a não utilização dos operadores dilatação, erosão e amalgamação. Os demais operadores foram utilizados da mesma maneira.

#### 2.3. Avaliação dos métodos

A maneira encontrada de averiguar se foi necessário o uso dos operadores dilatação, erosão e amalgamação foi realizada através da quantificação de número de grupos de *pixels*. Ou seja, se utilizando os operadores citados houve, após o operador eliminação, uma quantidade maior de agrupamentos de *pixels*, então esses operadores conseguiram reter mais grupos do que se não fossem utilizados. Caso contrário, se houve a mesma quantidade de grupos ou um número inferior, podemos afirmar que para este caso, não teve a necessidade de se dilatar, erodir e amalgamar.

Para avaliar qual tolerância para o operador numérico distorceu menos os objetos, foram adotados quatro variáveis: área média, perímetro médio e coeficiente de compacidade (Kc) para

cada classe. Esses valores são relativos ao mapa de saída do operador eliminação.

### 3. Resultados e Discussão

#### Operador categorização – 1º e 2º Cenário

O primeiro operador aplicado aqui foi categorização, diminuindo de 15 classes originais para 10. A Tabela 1 apresenta o resultado deste operador.

Tabela 1. Resultado do operador categorização

CLASSE	Área total (ha)	Área relativa (%)	Grupos de pixels	Nova classe	Área total (ha)	Área relativa (%)	Grupos de pixels
Mata	76	7	192	Mata	76	7	171
Café solteiro	264	24,37	363	Café	323	29,82	281
Café com árvore	59	5,45	244				
Eucalipto	70	6,46	224	Eucalipto	81	7,46	225
Eucalipto clonado	11	1	29				
Solo exposto	25	2,33	77	Solo exposto	25	2,33	70
Milho	41	3,79	91	Agricultura	56	7,52	119
Cana	14	1,30	38				
Cana queimada	1	0,1	5				
Água	7	0,64	23	Água	7	0,64	23
Taboa	30	2,77	98	Pastagem	416	42,49	155
Pastagem	386	35,64	169				
Aflor.rochoso	74	6,85	182	Aflor.rochoso	74	6,85	176
Sombra	12	1,1	42	Sombra	12	1,1	35
S/Classificação	13	1,2	44	S/Classificação	13	1,2	41
TOTAL	1.083	100	1.821	TOTAL	1.083	100	1.296

Nota-se que as classes Café Solteiro e Café com árvore, apesar de serem um tipo de agricultura não foram classificadas como tal, pois, devido a sua importância na região e a sua extensão em área, optou-se por individualizar essas classes como Café.

O número de grupo de pixels foi reduzido como era esperado, em aproximadamente 28%. Com a diminuição de classes, e o conseqüente agrupamento, determinados limites que separavam 2 ou mais grupos de pixels que agora são semelhantes, se reduzem a um único grupo.

#### Operador Eliminação - 1º e 2º Cenário

A Tabela 2 apresenta os resultados após este operador.

Tabela 2. Resultado do operador eliminação – 1º Cenário

CLASSE	Área total (ha)	Área relativa (%)	Grupos de pixels	CLASSE	Área total (ha)	Área relativa (%)	Diferença de área (%)	Grupos de pixels	Redução de grupos de pixels
Mata	77	7,1	171	Mata	50	4,61	-35,06	16	-90,64
Café	319	29,45	281	Café	400	36,93	25,39	58	-79,35
Eucalipto	85	7,84	225	Eucalipto	40	3,69	-52,94	15	-93,33
Solo exposto	25	2,33	70	Solo exposto	12	1,10	-52	6	-91,42
Agricultura	56	5,17	119	Agricultura	32	2,95	-42,85	10	-91,59
Água	7	0,64	23	Água	2	0,18	-71,42	1	-95,65
Pastagem	413	38,15	155	Pastagem	490	45,24	18,64	31	-80,00
Aflor.rochoso	75	6,92	176	Aflor.rochoso	41	3,78	-45,33	12	-93,18
Sombra	13	1,2	35	Sombra	10	0,92	-23,07	3	-91,42
S/Classificação	13	1,2	41	S/classificação	6	0,55	-53,84	2	-95,12
TOTAL	1.083	100	1.296		1.083	100		154	-88,11

As áreas eliminadas recebem um atributo nulo e por álgebra de mapas recebem o atributo do vizinho mais próximo (ao grupo de *pixels* eliminados) do mapa anterior à eliminação.

Todas as classes perderam aproximadamente 90% de sua distribuição espacial, isto significa que houve redução de heterogeneidade do mapa, com grupos de *pixels* maiores, como o caso da classe “café” que obteve ganho de área, mas 79,35% de perda de grupos de *pixels*.

Na Tabela 3 será possível determinar o uso ou não do operador amalgamação, de acordo com o número de grupo de *pixels*, se houver mais grupos de *pixels* ou número igual, entende-se que, para nosso caso, não houve a necessidade de utilizar tal operador.

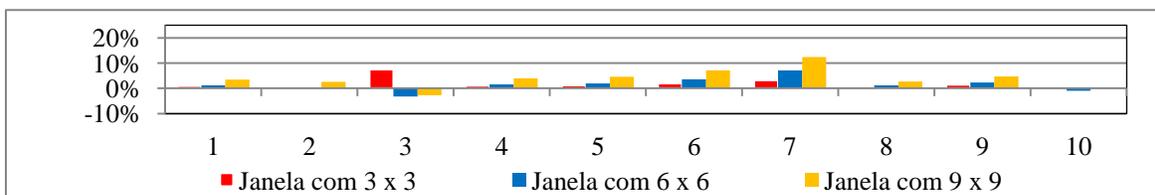
Tabela 3. Resultado do operador eliminação

CLASSE	Área total (ha)	Área relativa (%)	Grupos de <i>pixels</i>	CLASSE	Área total (ha)	Área relativa (%)	Diferença de área (%)	Grupos de <i>pixels</i>	Redução de grupos de <i>pixels</i> (%)
Mata	76	7	171	Mata	49	4,52	-35,52	16	-90,64
Café	325	30,00	281	Café	400	36,95	23,07	59	-79,00
Eucalipto	81	7,50	225	Eucalipto	37	3,43	-54,32	15	-93,33
Solo exposto	24	2,21	70	Solo exposto	12	1,10	-50,00	6	-91,42
Agricultura	55	5,10	119	Agricultura	30	2,77	-45,45	9	-92,43
Água	7	0,64	23	Água	2	0,18	-71,42	1	-95,65
Pastagem	416	38,42	155	Pastagem	496	45,80	19,23	32	-79,35
Aflor. rochoso	75	6,93	176	Aflor. rochoso	42	3,87	-44,00	12	-93,18
Sombra	12	1,10	35	Sombra	9	0,83	-25,00	3	-91,42
S/Classificação	12	1,10	41	S/classificação	6	0,55	-50,00	2	-95,12
TOTAL	1.083	100	1.296		1.083	100		155	-88,04

De acordo com o exposto houve menor redução de grupo de pixels, indicando que não houve a necessidade do uso do operador amalgamação.

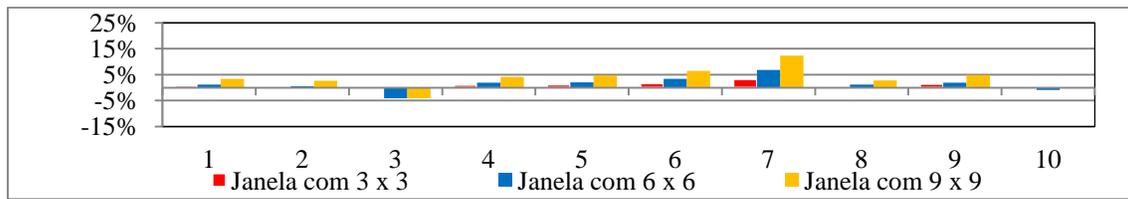
### Operador Numérico - 1º e 2º Cenário

Foram avaliadas três variáveis: área média; perímetro médio; Kc médio. A Figura 1 apresenta a variação para área média para o primeiro cenário, a Figura 2 apresenta para o segundo cenário.



1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 1. Variação de área média – 1º Cenário

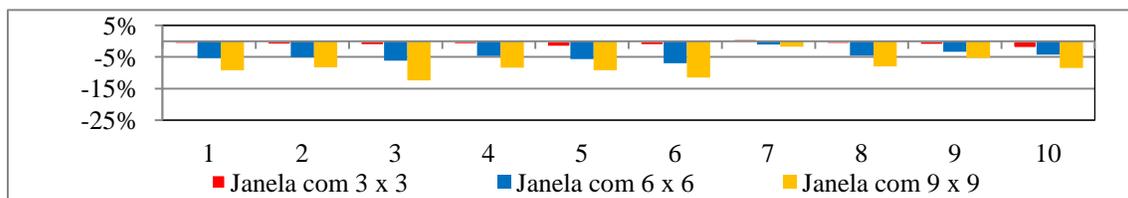


1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 2. Variação de área média – 2° Cenário

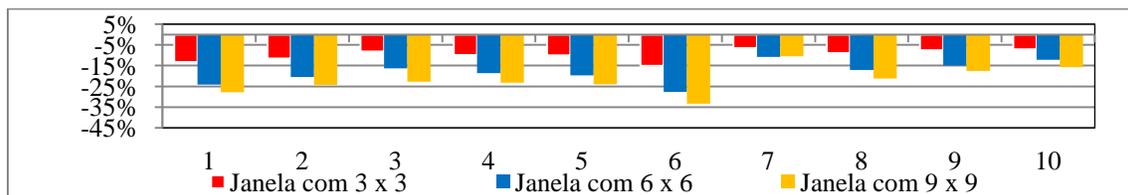
Houve ligeira alteração na área média em relação ao mapa anterior, com tendência crescente ao aumento da janela para ambos cenários. Em comparação, não houve diferenças significativas entre os cenários, apenas a classe “água” apresentou certa anomalia no primeiro cenário, como é uma classe com apenas um grupo de pixel, é mais provável de ocorrer anomalias em valores percentuais.

A Figura 3 apresenta os valores para perímetro médio para o primeiro cenário e a Figura 4 para o segundo.



1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 3. Variação de perímetro médio – 1° Cenário

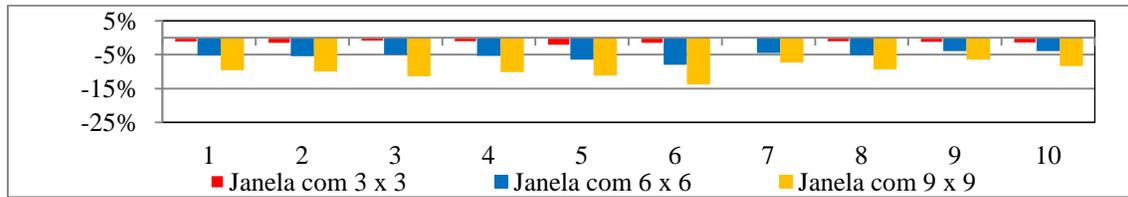


1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 4. Variação de perímetro médio – 2° Cenário

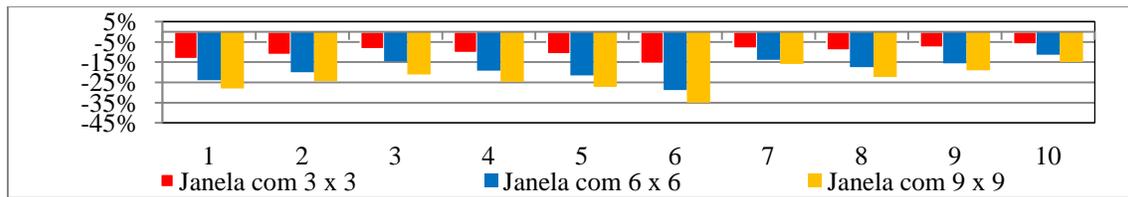
Os valores apresentados demonstram que a janela 9x9 força a geometria dos objetos com mais severidade para ambos casos. No segundo cenário pode-se notar que houve maior distorção da forma.

As Figuras 4 e 5 apresentam a variação de Kc médio para o primeiro e segundo cenário respectivamente.



1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 5. Variação de Kc médio – 1º Cenário



1- Afloramento rochoso 2- Agricultura 3- Água 4- Café 5- Eucalipto 6- Mata 7- Sem classificação 8- Pastagem 9- Solo exposto 10- Sombra

Figura 6. Variação de Kc médio – 2º Cenário

O valor de Kc é uma razão entre perímetro e área. Desta maneira, para os dois casos, a área teve ligeiro acréscimo e perímetro teve redução, mais significativo para o segundo cenário. Desta forma, é coerente os valores para Kc serem mais significativos também para o segundo cenário. Indica assim que houve não-arredondamento das feições.

A Figuras 7 e 8 apresentam o mapa original e os mapas adequados para representação em escala 1:50.000 para o primeiro e segundo cenário, respectivamente. Foi escolhida uma porção representativa do mapa em escala original 1:20.000 para visualização mais clara da ação dos operadores.

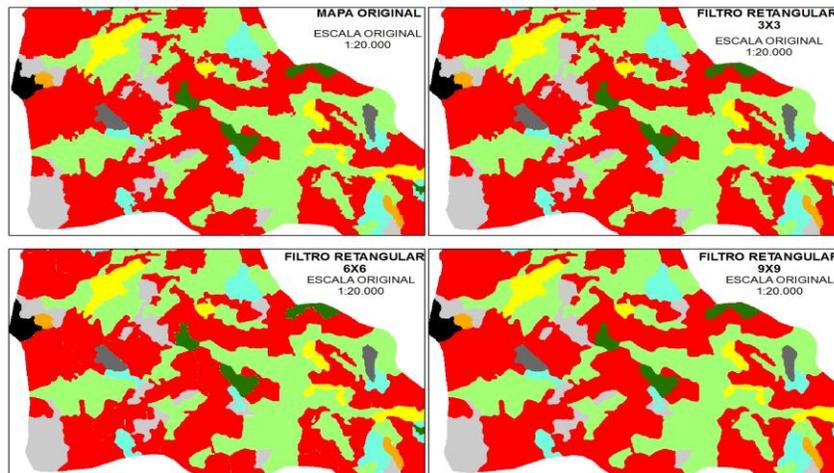


Figura 7. Mapa final – 1º Cenário

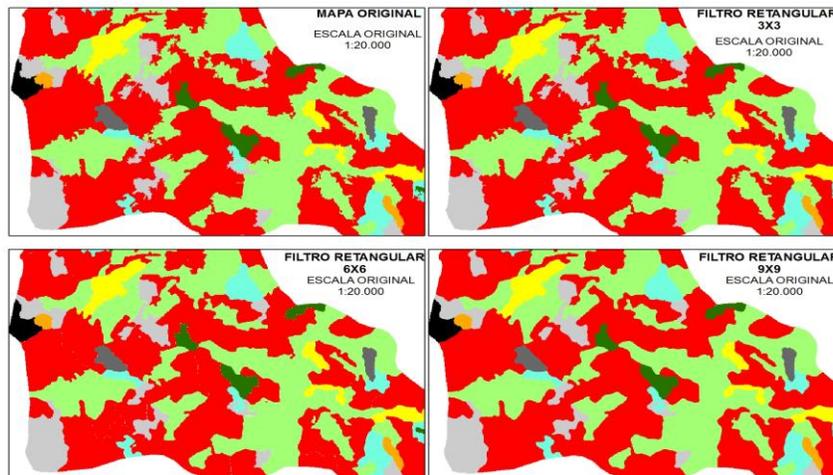


Figura 8. Mapa final – 2º Cenário

A análise visual confirma os dados dos gráficos, demonstrando a tendência de suavização mais acentuada para os filtros 9x9. Na comparação de cenários, não se pode observar grandes diferenças, indicando assim, que apesar das variáveis relativas à forma das feições (perímetro e  $K_c$ ) apresentarem maiores valores percentuais para o segundo cenário, são sutis em termos visuais.

#### 4. Conclusão

A análise gráfica dos resultados indicou que as rotinas adotadas para o segundo cenário alteraram mais a forma das feições, no entanto, a análise visual não permitiu observar essas alterações de maneira clara.

Pode-se então concluir que para este mapa, nesta alteração de escala, o segundo cenário foi mais eficaz, pois, demanda menos tempo de processamento, ao excluir um procedimento. Além disso, preservou mais grupos de pixels.

Concordando com a literatura, a generalização de mapas não deve ser totalmente automatizada, pois, ao se adotar rotinas idênticas e mesmos algoritmos para diferentes mapas e diferentes reduções de escalas, os resultados provavelmente serão diferentes.

Aconselha-se então, a adoção de testes prévios, antes de qualquer generalização em ambiente digital.

#### 5.Referências Bibliográficas

- ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. **Automation of Map Generalization – The Cutting-Edge Technology**. California, 1996.
- IMHOF, E. **Cartographic relief representation**. In: De Gruyter, Berlin (1982), p. 389.
- MCMMASTER, R. B.; MONMONIER, M.S. **A conceptual framework for quantitative and qualitative raster-mode generalization**. Proceedings of GIS/LIS '89. ACSM ASPRS, Orlando, Florida. pp. 390-403.
- MENG, L. **Automatic generalization of geographic data**. Technical Report. VBB Viak, Stockholm, Sweden (1997).
- RAIZ, E. **Principles of Cartography**. New York, McGraw-Hill BookCompany, Inc. 1962