

DIRETRIZES E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA A CARTOGRAFIA DE SÍNTESE COM ATRIBUTOS QUANTITATIVOS VIA ÁLGEBRA DE MAPAS E ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Methodological procedures and guidelines for Spatial Synthesis with quantitative attributes by maps algebra and multicriteria analysis

Tony Vinicius Moreira Sampaio

Universidade Federal do Paraná / UFPR

Curso de Geografia

Centro Politécnico – Setor de Ciências da Terra - Jardim das Américas – Curitiba - PR

tonysampaio@ufpr.br

RESUMO

A eficácia na comunicação gráfica não é resultante direta da maior ou menor quantidade de mapas apresentados. Essa eficácia pode ser obtida, mais facilmente, pela apresentação de um único mapa que apresente uma combinação de diferentes temas. A qualidade dos mapas gerados a partir da associação de múltiplos temas (ou cartografia de síntese), depende, diretamente, dos critérios utilizados na escolha e combinação dos temas/variáveis (álgebra de mapas) e da forma de sistematização dos procedimentos empregados na síntese. Utilizando como exemplo o estudo empírico das condições de habitação em Curitiba – PR, este trabalho propõe uma discussão sobre as etapas e diretrizes necessárias à elaboração dos mapas de síntese, apoiado em técnicas de análise multicritério, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e planilhas eletrônicas.

Palavras-chave: Cartografia de síntese. Álgebra de mapas. Análise multicritério.

ABSTRACT

The effectiveness graphics communication is not direct result of greater or lesser quantity of maps produced and can be obtained by showing a single map making by the association of different themes. The quality of maps generated from the combination of multiple themes (or spatial synthesis) depends directly on the criteria used in choice and combination of themes/variables (algebra of maps) and how to do systematize the procedures employed. Using the example a empirical study of the house conditions in Curitiba - PR, are shown the steps and guidelines necessary for preparation spatial synthesis at supported by multicriteria analysis, Geographic Information Systems (GIS) and spreadsheets.

Keywords: Spatial Synthesis. Map algebra. Muticriteria analysis.

1 INSTRUÇÕES GERAIS

Apesar da existência de regras e diretrizes semiológicas para a produção de mapas temáticos, sua elaboração requer ainda a análise de seus objetivos, de forma a garantir maior eficácia na compreensão dos fenômenos apresentados (BERTIN, 1967; BONIN, 1983; MARTINELLI, 1991, 1998, 2003, LE SANN, 1983; SAMPAIO, 2001).

A opção pela apresentação dos temas de forma individualizada (coleção de mapas),

sobrepostos (superposição de mapas) ou combinados (síntese), é uma decisão complexa que demanda acima de tudo a análise do perfil do usuário a quem o mesmo se destina e das diretrizes que regem a comunicação gráfica (LE SANN, 1983; SAMPAIO, 2001).

A facilidade de acesso a dados espaciais e softwares de geoprocessamento tem possibilitado a construção de um número significativo de mapas temáticos com os mais diferentes temas e escalas de representação,

sem implicar, necessariamente, em maior eficácia na comunicação gráfica. Isto se dá pela impossibilidade de associação de um número grande de temas quando apresentados sobrepostos simultaneamente ou em diferentes mapas, em função da complexidade envolvida na construção e leitura dos mesmos, ainda que para um número reduzido de unidades espaciais (BERTIN, 1967).

Desta forma, a possibilidade de produção de muitos mapas com poucos temas ou de poucos mapas com muitos temas sobrepostos pode não se traduzir em uma melhoria na capacidade de compreensão de um dado fenômeno, se o entendimento do mesmo demandar um processo de correlação mental por parte do usuário.

É nesse sentido que a construção de mapas de síntese tende a assumir importância cada vez maior na produção de mapas temáticos (MARTINELLI, 2003), demandando conhecimentos técnicos e científicos adequados a sua correta construção.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Apresentar procedimentos metodológicos e de sistematização relativos à álgebra de mapas para síntese cartográfica, a partir de um número ilimitado de atributos quantitativos.

2.1 Objetivos Específicos

Descrever a álgebra de mapas envolvida na elaboração de mapas temáticos de síntese.

Analisar, empiricamente, as condições de habitação em Curitiba – PR, com base em diferentes critérios e variáveis disponibilizados pelo Censo Demográfico (IBGE, 2000).

3 CARTOGRAFIA DE SÍNTESE

Do ponto de vista cartográfico, a síntese refere-se à combinação de duas ou mais variáveis que apresentem atributos qualitativos, ordenados ou quantitativos, cujo

objetivo é o de gerar uma nova informação capaz de fornecer uma visão diferenciada do conjunto de atributos envolvidos conforme apresentado na Figura 1.

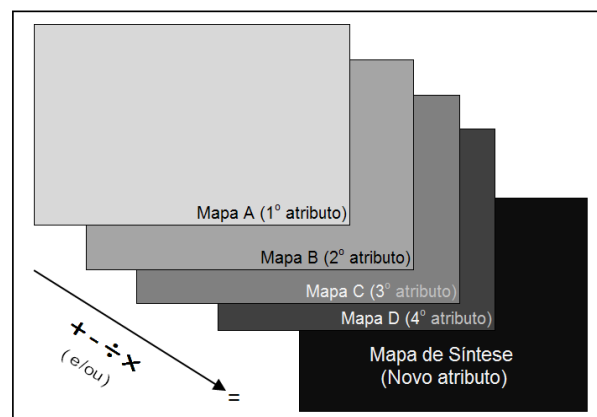


Figura 1: Concepção teórica do processo de síntese cartográfica baseada em álgebra de mapas.

Neste sentido, a síntese pode envolver duas variáveis através do processo denominado de normalização, três, via processo de síntese tradicionalmente apresentado por Martinelli (1991, 2003) e, ainda, quatro ou mais variáveis.

Contudo, as metodologias apresentadas por Bertin (1967), Bonin (1983) e Martinelli (1991 e 2003), não descrevem por completo os procedimentos envolvidos na escolha e forma de combinação das variáveis, bem como não especificam uma metodologia mais adequada para a sistematização de dados com atributos quantitativos.

O detalhamento metodológico do processo de síntese faz-se necessário tanto para a correta definição dos parâmetros a serem empregados, quanto para subsidiar o leitor na compreensão da síntese. Isto permite uma melhor análise dos resultados, devendo, portanto, sempre que possível acompanhar o mapa de síntese.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) permitem a combinação de múltiplas variáveis, através de álgebra de mapas ou de procedimentos operacionalizados, diretamente, sobre bancos de dados. No entanto, dependendo da complexidade do processo de síntese a ser empregado, essa operacionalização demandará a manipulação dos dados em planilhas eletrônicas.

4 ETAPAS DO PROCESSO DE SÍNTESE

4.1 Primeira etapa: normalização dos dados: a síntese elementar

Normalizar ou normatizar (forma menos utilizada) constitui o processo de síntese mais elementar. Um dado é considerado, a partir de sua importância relativa, no conjunto dos dados analisados ou a partir de sua relação com uma segunda variável. O processo de normalização pode ser feito entre dados que representam um mesmo tipo de atributo, apresentando valores expressos em porcentagens (normalização intratemática) ou, a partir da relação entre dados com diferentes atributos (normalização intertemática). Por exemplo, a normalização do número de domicílios com banheiros (variável 1) pelo total de domicílios (variável 2), constitui um processo de normalização intratemática, ao passo que a normalização de banheiros pelo número de moradores (variável 3), constitui uma normalização intertemática.

A Figura 2a apresenta os dados brutos da variável total de domicílios particulares permanentes, com lixo coletado por setor

censitário em Curitiba (PR) em 2000, enquanto que a Figura 2b, apresenta a densidade de domicílios com coleta de lixo por setor (variável normalizada ou síntese elementar). A Figura 2b, além de exemplificar o processo de normalização intratemática, apresenta a divisão do número de domicílios com coleta de lixo pelo total de domicílios (variáveis de mesma natureza). Esta serve para demonstrar a importância da normalização dos dados, uma vez que possibilita a contextualização da coleta de lixo por setor censitário.

Desta forma, a normalização permite diferenciar dois setores que apresentem a mesma quantidade de domicílios com coleta de lixo, porém com proporções distintas de domicílios atendidos. Viabiliza-se assim a identificação dos setores nos quais o serviço de coleta de lixo é mais ou menos eficiente.

Convém ressaltar que a normalização é, em geral, necessária, porque o uso de dados brutos pode induzir a erros de interpretação quanto ao fenômeno descrito.

A normalização evitaria tais erros uma vez que a ocorrência destes pode ser causada

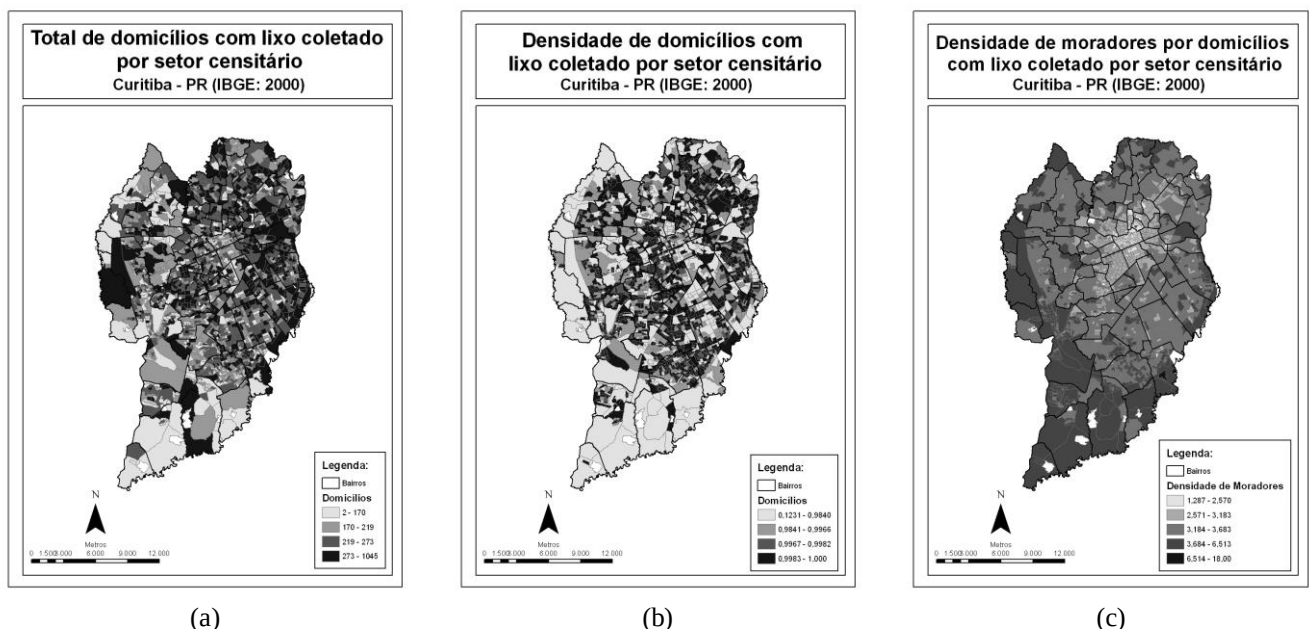


Figura 2: Diferentes possibilidades de apresentação de dados: Total de domicílios com coleta de lixo por setor censitário - dados brutos (2a), Dados normalizados pelo total de domicílios por setor 2b) e População por domicílio normalizada pelo total de domicílios com coleta de lixo – variável de natureza diferente (2c).

por não se considerar seu significado relativo frente ao contexto no qual encontram-se inseridos.

Observa-se na Figura 2a, que, na região centro-oeste de Curitiba, aparecem setores com grande número de domicílios atendidos (dados brutos), mas também com uma quantidade significativa de domicílios não atendidos (Figura 2b). Neste sentido, a presença de 100 domicílios com coleta de lixo, em um setor qualquer e, de 30 em um outro setor (valores brutos), não indica uma melhor condição para o primeiro, senão considerados os totais de domicílios dos setores (variável normalizadora).

O processo de normalização é definido como a relação entre duas variáveis sendo:

$$V_n = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

onde: V_n corresponde a variável normalizada, V_1 a variável a ser normalizada e V_2 a variável normalizadora.

A maioria dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) dispõe de campos para indicação da variável a ser representada cartograficamente (V_1) e da variável normalizadora (V_2), não sendo necessário, portanto, seu cálculo em planilhas eletrônicas.

Quando a síntese se dá por processo de normalização intertemática, faz-se necessária a identificação do significado dos valores obtidos, relacionando os valores resultantes da normalização a uma condição positiva (favorável/melhor) ou negativa (desfavorável/pior). Pode-se considerar, por exemplo, a relação entre o número de domicílios com banheiro/sanitário (variável 1) pelo total de domicílios (variável 2), na qual quanto maior o valor resultante da normalização, melhor será a condição do local pesquisado.

A inversão da relação entre as variáveis anteriormente citadas (V_2/V_1) resultaria na inversão do significado da normalização, ou seja, quanto maior o valor resultante, pior a condição do local pesquisado.

4.2 Segunda etapa: a padronização dos valores

O processo de síntese pode ser desenvolvido a partir da combinação de um número grande de variáveis (normalizadas ou não), resultando em uma complexa associação das variáveis empregadas. Neste sentido, o mapa que sintetiza a Exclusão Social, por exemplo, é obtido via análise multicritério, a partir da associação de mais de vinte variáveis de natureza correlatas e distintas (GENOVEZ, 2002).

Quando o processo de síntese demanda a comparação ou associação de variáveis de naturezas distintas, como a exemplo V_{n1} : veículos por habitante e V_{n2} : banheiros por domicílio; faz-se necessária a adequação dos valores a uma escala de grandeza padronizada, como por exemplo, entre 0 e 1. Essa medida é necessária para que a síntese pela soma das variáveis não resulte na associação do fenômeno representado à variável. Esta pode apresentar grandezas muito maiores que a das demais variáveis utilizadas.

Exemplificando, considere-se uma síntese obtida pela soma das variáveis normalizadas V_{n1} : com valores entre 0,003 e 0,028, V_{n2} : com valores entre 0,287 e 2,87 e, V_{n3} : com valores entre 287 e 1574, e sendo a síntese o resultado da soma de V_{n1} , V_{n2} e V_{n3} .

Observa-se que os valores da V_{n3} são no mínimo 100 vezes maiores que os da V_{n2} e, mil vezes maiores que os da V_{n1} , a síntese a partir da soma dos valores das respectivas variáveis, implicaria na atribuição da maior importância à V_{n3} , desconsiderando os valores das demais variáveis. Neste sentido, a síntese com o uso de diferentes variáveis requer a padronização dos valores obtidos pela normalização ou dos dados brutos, objetivando evitar a discrepância entre as grandezas envolvidas.

A técnica usual para a padronização dos valores, também utilizada para geração de índices como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), e o Índice de Qualidade de Vida Humana (IQVH), efetua o

enquadramento desses em uma escala com variação de 0 a 1 (UMBELINO, 2007).

Em se tratando de variáveis normalizadas V_n , a padronização resultará no surgimento da variável normalizada padronizada ou V_{np} e da variável padronizada ou V_p para variáveis não normalizadas, sendo 0 e 1 equivalentes ao menor e maior valor possíveis de se obter pela padronização dos dados.

A variável normalizada padronizada ou, simplesmente padronizada, pode ser obtida pela aplicação da fórmula:

$$V_{np} = \frac{V_n - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \quad (2)$$

onde V_{np} é a variável normalizada padronizada, V_n a variável a ser padronizada (podendo ser normalizada ou não), $V_{\min}$ o menor valor da série de dados e $V_{\max}$ o maior valor da série de dados, sendo portanto $V_{\max} - V_{\min}$ igual a amplitude (h).

O processo de padronização dos valores pode ser feito tanto para os dados brutos como para as variáveis já normalizadas e, devido a sua maior complexidade, pode ser operacionalizado em planilhas, conforme fórmulas apresentadas na Figura 3. A padronização da variável normalizada permite que se estabeleçam relações de grandeza entre variáveis de natureza distinta como 1.356.665 eleitores e 0,00256 casos de dengue, uma vez que os valores finais sempre se enquadraram em uma escala com variações de 0 a 1.

Sendo assim, a comparação entre 0,61 eleitores, 0,75 veículos e 0,78 casos de dengue por habitantes, permite a identificação e a equivalência das maiores e menores grandezas representativas.

4.3 Terceira etapa: a eleição, caracterização e ajuste das variáveis

O processo de síntese requer a identificação das variáveis necessárias, bem como a análise da disponibilidade dessas em escala espacial e temporal compatível com os objetivos da representação.

A indisponibilidade de uma ou mais variáveis, demandará a revisão dos objetivos da síntese com a possível readequação do tema (BONIN, 1983; LE SANN, 1983).

A etapa de escolha dos dados pode ser feita pela identificação de categorias gerais de dados (nível categórico), as quais irão direcionar a identificação das variáveis principais e/ou alternativas.

Neste caso, a síntese objetivando caracterizar condições de habitação, utilizada como exemplo, iniciou-se com a identificação de duas categorias gerais de dados: características dos domicílios e características dos moradores. Tais categorias por sua vez foram descritas quantitativamente por variáveis como: domicílios com coleta de lixo, domicílios com rede de esgoto, domicílios sem banheiro/sanitário, etc.

O uso de dados brutos, em geral, impõe restrições à análise do fenômeno representado. Na etapa de caracterização dos dados, é de suma importância a identificação das respectivas variáveis normalizadoras e do significado resultante da normalização (condição favorável ou desfavorável), conforme demonstrado na Figura 4.

Neste sentido, para elaboração da síntese proposta, as variáveis normalizadas (V_n), foram obtidas de acordo com as seguintes operações: $V_{n1} = V_1/V_{11}$, $V_{n2} = V_2/V_{11}$, $V_{n3} = V_3/V_{11}$, $V_{n4} = V_4/V_{12}$, $V_{n5} = V_5/V_{12}$, $V_{n6} = V_6/V_{11}$, $V_{n7} = V_7/V_{11}$, $V_{n8} = V_8/V_{11}$, $V_{n9} = V_9/V_{13}$ e $V_{n10} = V_{10}/V_{13}$, obtendo-se um total de dez variáveis normalizadas.

Cabe observar que a eleição de categorias e variáveis não deve ser aleatória ou baseada na opinião pessoal do elaborador da síntese, mas respaldada pela análise da bibliografia correlata e/ou pela aplicação de metodologias de pesquisa focadas na redução da subjetividade, como a exemplo a metodologia Delphi (KAIRALLA, 1984) e a técnica de análise multicritério AHP (CUNHA et al, 2006), as quais se utilizam da atribuição de pesos por especialistas da área de conhecimento.

Quando as normalizações resultam em variáveis normalizadas com sentidos

A	B	C	D	E	F	G
1	Municípios	Habitantes	Hospitais	Hospitais	Hospitais por Habitantes	Hospitais por Habitantes
2	Tipo de variável:	Variável bruta	Variável bruta	Valores padronizados	Valores normalizados	Variável normalizada padronizada
3	Código:	V1	V2	Vp ₂	Vn: V2/V1	Vnp
4	Município X	15500	6	0,571 "=(D4-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00039 "=D4/C4"	1,000 "=(F4-\$F\$12)/\$F\$13"
5	Município Y	23300	4	0,286 "=(D5-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00017 "=D5/C5"	0,387 "=(F5-\$F\$12)/\$F\$13"
6	Município Z	8800	3	0,143 "=(D6-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00034 "=D6/C6"	0,869 "=(F6-\$F\$12)/\$F\$13"
7	Município H	55800	2	0,000 "=(D7-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00004 "=D7/C7"	0,000 "=(F7-\$F\$12)/\$F\$13"
8	Município M	48000	8	0,857 "=(D8-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00017 "=D8/C8"	0,372 "=(F8-\$F\$12)/\$F\$13"
9	Município G	62100	9	1,000 "=(D9-\$D\$12)/\$D\$13"	0,00014 "=D9/C9"	0,311 "=(F9-\$F\$12)/\$F\$13"
10	Total	213500 "=SOMA(C4:C9)"	32 "=SOMA(D4:D9)"	2,857 "=SOMA(E4:E9)"	0,00125 "=SOMA(F4:F9)"	2,938 "=SOMA(G4:G9)"
11	Máximo	62100 "=MÁXIMO(C4:C9)"	9 "=MÁXIMO(D4:D9)"	1,000 "=MÁXIMO(E4:E9)"	0,00039 "=MÁXIMO(F4:F9)"	1,000 "=MÁXIMO(G4:G9)"
12	Mínimo	8800 "=MÍNIMO(C4:C9)"	2 "=MÍNIMO(D4:D9)"	0,000 "=MÍNIMO(E4:E9)"	0,00004 "=MÍNIMO(F4:F9)"	0,000 "=MÍNIMO(G4:G9)"
13	Amplitude	53300 "=C11-C12"	7 "=D11-D12"	1,000 "=E11-E12"	0,00035 "=F11-F12"	1,000 "=G11-G12"

Em destaque são apresentadas as variáveis (dados brutos).
O símbolo \$ inserido nas fórmulas antes das letras, serve para travar a coluna e antes dos números, para travar a linha, permitindo assim sua atualização automática para as demais células, condicionadas à célula travada.

Figura 3: Exemplo de normalização e padronização em planilhas eletrônicas.

Condições de habitação				
Categorias	Sub-categorias	Variáveis	Variável normalizadora	Condição
Características dos domicílios	Esgotamento sanitário	V1. Tipo de esgotamento sanitário: rede geral de esgoto ou pluvial	V11. Total de Domicílios	Positivo
		V2. Tipo de esgotamento sanitário: vala	V11. Total de Domicílios	Negativo
		V3. Tipo de esgotamento sanitário: rio, lago ou mar	V11. Total de Domicílios	Negativo
	Oferta de banheiros	V4. Com 1 a 2 banheiro	V12. Moradores por Domicílio	Negativo
		V5. Com 4 ou mais banheiros	V12. Moradores por Domicílio	Positivo
	Destino do lixo	V6. Coletado	V11. Total de Domicílios	Positivo
		V7. Jogado em terreno baldio ou logradouro	V11. Total de Domicílios	Negativo
		V8. Jogado em rio, lago ou mar	V11. Total de Domicílios	Negativo
Características dos moradores	Densidade	V9. Domicílios com 1 a 3 moradores	V13. Total de Moradores	Positivo
		V10. Domicílios com 5 ou mais moradores	V13. Total de Moradores	Negativo

Figura 4: Eleição e caracterização das variáveis empregadas na síntese.

divergentes de valoração (0 para a pior condição e 1 para a melhor e vice-versa), faz-se necessário o ajuste dos valores obtidos para que o resultado final da síntese também apresente valores com variação entre 0 e 1.

Neste caso, são três as soluções são possíveis:

a. o valor que expressa a síntese resulta da soma das variáveis de sentido positivo (maior valor = melhor condição) subtraídos dos valores das normalizações ou variáveis que expressem sentido negativo (maior valor = pior condição), como por exemplo:

$$\text{Síntese} = \sum (V_{n1} + V_{n2} - V_{n3}) \quad (3)$$

b. o valor que expressa a síntese resulta da soma de todas as variáveis utilizadas na síntese, porém as normalizações com sentido negativo são invertidas, o que se dá pela alteração na ordem da normalização, ou seja, pela troca da variável a ser normalizada pela normalizadora e,

c. o valor que expressa a síntese resulta da soma de todas as variáveis utilizadas na síntese, porém os valores das normalizações com sentido negativo são invertidos a partir do uso da fórmula:

$$V_i = 1 - V_{np} \quad (4)$$

Onde: V_i é a variável normalizada padronizada com valor invertido e V_{np} a variável normalizada padronizada a ser invertida (apresenta sentido oposto ao das demais).

4.4 Quarta etapa: a ponderação

Em um processo de síntese com múltiplos critérios as variáveis utilizadas

podem apresentar diferentes níveis de importância na caracterização do fenômeno, demandando a ponderação das categorias e variáveis analisadas, através da atribuição de pesos. A atribuição de pesos dependerá dos objetivos da síntese e deverá, também, apoiar-se na consulta a bibliografia correlata ao tema ou em valores obtidos junto aos pesquisadores da área. Em última análise poderá basear-se no conhecimento prévio do pesquisador.

Esta ponderação pode ser feita a partir da atribuição de pesos às categorias de análise, sendo esses distribuídos pelas variáveis representativas, ou via atribuição de pesos às variáveis com a posterior agregação de seus valores para as categorias (Figura 5).

Cabe observar, que a definição das categorias de análise, variáveis e pesos sem consulta a pesquisadores (*ad hoc*) e sem o apoio da bibliografia, resultará em uma síntese com alto grau de subjetividade não descrevendo, adequadamente, o fenômeno estudado.

A Figura 5 demonstra a distribuição dos pesos por variáveis dentro de uma dada categoria de análise (Categoria X), sendo exemplificado o processo de atribuição dos pesos a partir da identificação da variável menos importante para o processo de síntese.

As demais variáveis são ponderadas a partir de sua importância em comparação à variável de menor importância.

Já a Figura 6 apresenta a ponderação utilizada para as categorias e variáveis da análise em tela, sendo a soma dos pesos em qualquer nível de análise sempre igual a um (100%).

Constata-se que o peso atribuído a cada categoria é igual a soma dos pesos atribuídos as sub-categorias e esses,

	A	B	C	D	E	F	G
1	Peso da Categoria	Variável	Nível de Importância	Peso Bruto	ou seja....	Peso Relativo	Fórmulas para o cálculo dos pesos relativos
2	Categoria X Peso 0,3 (essa categoria responde por 30% da síntese)	Var 1	Mais importante	6	seis vezes mais importante que a variável menos importante	0,144	"=(D2/\$D\$6)*0,3"
3		Var 2	Intermediário	3,5	tres vezes e meia mais importante que a variável menos importante	0,084	"=(D3/\$D\$6)*0,3"
4		Var 3	Intermediário	2	uma vez mais importante que a variável menos importante	0,048	"=(D4/\$D\$6)*0,3"
5		Var 4	Menos importante	1	menor nível de importância	0,024	"=(D5/\$D\$6)*0,3"
6		Pesos distribuidos		12,5		0,3	

Figura 5: Exemplo de processo de distribuição de pesos por critérios de aplicação (coluna E) e fórmulas para utilização de planilhas eletrônicas.

Condições de habitação					
Categorias	Peso	sub-categoria	Peso	Variáveis	Peso
Características dos domicílios	0,8	Esgotamento sanitário	0,4	Tipo de esgotamento sanitário: rede geral de esgoto ou pluvial	0,2
				Tipo de esgotamento sanitário: vala	0,1
				Tipo de esgotamento sanitário: rio, lago ou mar	0,1
		Oferta de banheiros	0,3	Com 1 a 2 banheiro	0,15
				Com 4 ou mais banheiros	0,15
		Destino do lixo	0,1	Coletado	0,05
				Jogado em terreno baldio ou logradouro	0,03
				Jogado em rio, lago ou mar	0,02
Características dos moradores	0,2	Densidade	0,2	Domicílios com 1 a 3 moradores	0,1
				Domicílios com 5 ou mais moradores	0,1
Total (pesos)	1		1		1

Figura 6: Atribuição (empírica) dos pesos por variáveis e categorias.

correspondem à soma dos pesos de suas variáveis representativas e, ainda, que os pesos podem ser distribuídos de forma equitativa ou não entre as variáveis e categorias.

No estudo em tela, a categoria de análise: características dos domicílios, responde por 80% das condições da habitação, enquanto que a sub-categoria: condições de esgotamento sanitário representa 50% do peso atribuído a esta categoria e a variável: Tipo de esgotamento sanitário: rede geral de esgoto ou pluvial, representa 50% do peso atribuído a toda a sub-categoria ou, ainda, 20% do valor total da síntese.

A atribuição de pesos às variáveis normalizadas e ponderadas (V_{np}) resulta na geração da variável denominada normalizada padronizada ponderada (V_{npp}). Neste sentido, os valores a serem empregados na síntese são obtidos a partir da combinação (soma, subtração, divisão ou multiplicação) dos valores das V_{npp} .

Para o estudo em tela as V_{npp} foram obtidas de acordo a partir da seguinte lógica: $V_{npp1} = V_{np1} * 0,2$; $V_{npp2} = V_{np2} * 0,1$; $V_{npp3} = V_{np3} * 0,1$; $V_{npp4} = V_{np4} * 0,15$; $V_{npp5} = V_{np5} * 0,15$; $V_{npp6} = V_{np6} * 0,05$; $V_{npp7} = V_{np7} * 0,03$; $V_{npp8} = V_{np8} * 0,02$; $V_{npp9} = V_{np9} * 0,1$ e $V_{npp10} = V_{np10} * 0,1$.

Considerando que na Figura 6 observa-se que as variáveis normalizadas V_{n2} ,

V_{n3} , V_{n4} , V_{n7} , V_{n8} e V_{n10} apresentam condição negativa (maior valor indicando pior condição), no processo de síntese foram utilizados seus valores invertidos (V_i).

Desta forma, a síntese obtida para as condições de habitação pode ser descrita pela seguinte equação:

$$\text{Cond. de Hab.} = \sum (V_{npp1} + V_{i2} + V_{i3} + V_{i4} + V_{npp5} + V_{npp6} + V_{i7} + V_{i8} + V_{npp9} + V_{i10}) \quad (5)$$

4.5 Quinta etapa: a síntese e as nomenclaturas associadas

A etapa final da síntese refere-se à aplicação das regras definidas nas etapas anteriores. Esta pode ser expressa pelas equações que resumem os procedimentos de normalização, padronização, ponderação e síntese propriamente dita, sendo sua concepção geral expressa pela equação:

$$\text{Síntese} = \sum_{i=1}^n V_{nppi} \quad (6)$$

Onde: V_{nppi} representa cada uma das variáveis normalizadas padronizadas e ponderadas empregadas no processo de síntese e i varia de 1 (primeira V_{npp}) até n (última V_{npp}).

Apesar da fórmula genérica utilizar como referência as V_{npp} , é possível o emprego

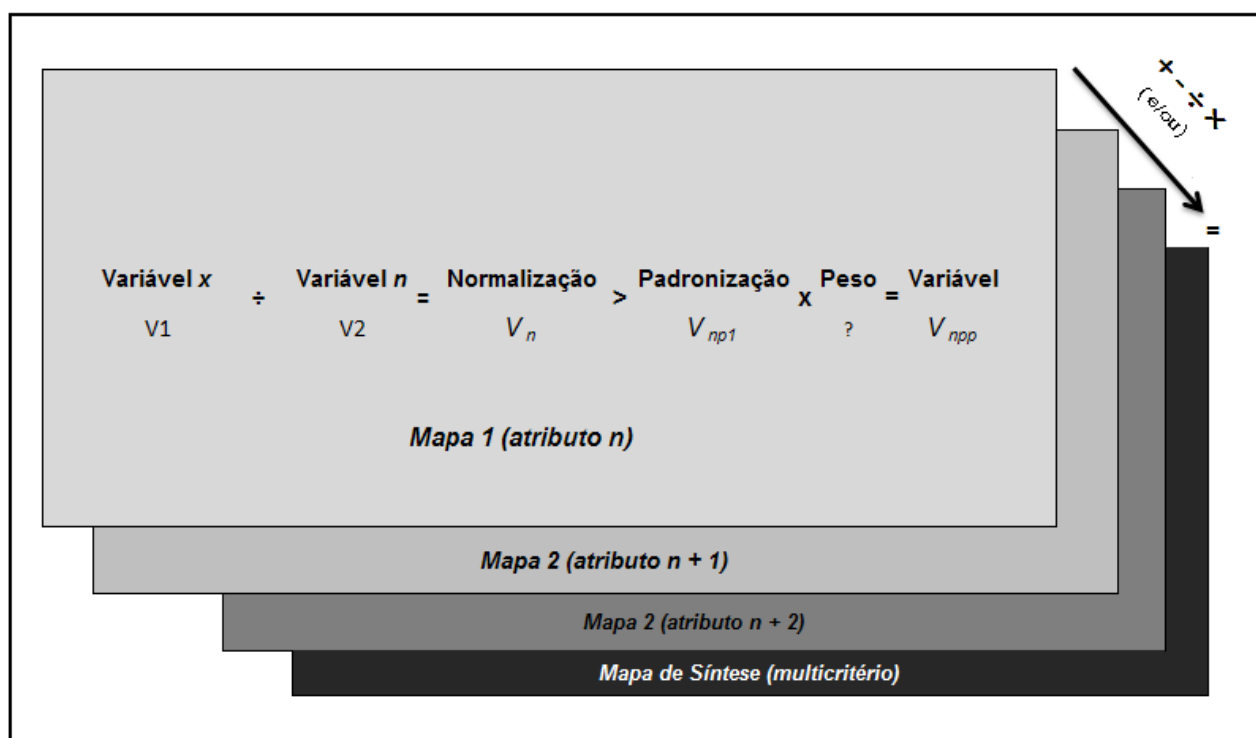


Figura 7: Concepção teórica da síntese por álgebra de mapas e análise multicritério.

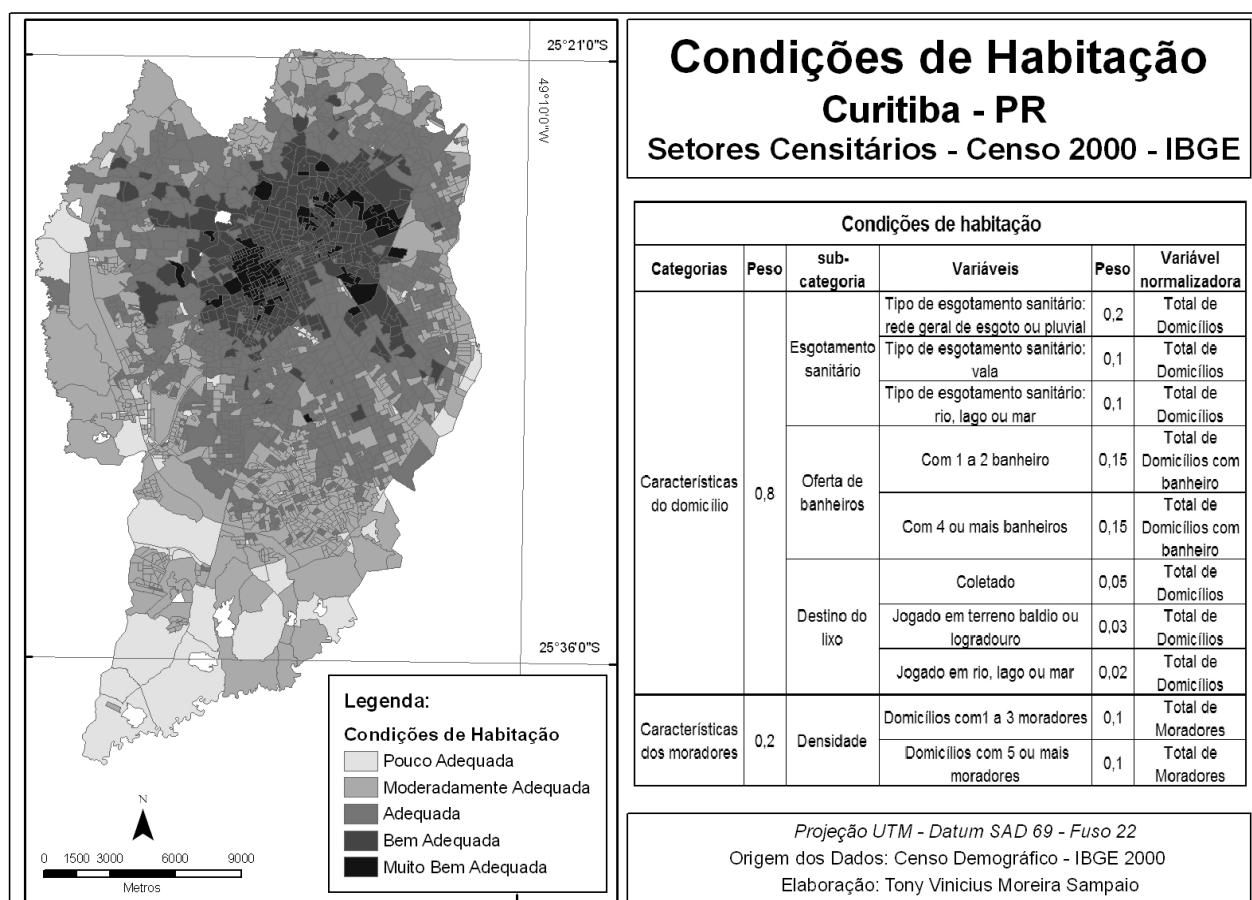


Figura 8: Condições de Habitação em Curitiba – PR, Mapa de síntese elaborado a partir da combinação de 13 variáveis correspondentes a duas categorias de análise.

de variáveis sem normalização (dados brutos), sem ponderação e/ou, a depender dos objetivos da mesma, a partir da combinação destas.

Desta forma, a síntese (empírica) proposta, caracteriza as condições de habitação por setor censitário a partir da combinação de 13 variáveis quantitativas, via análise de seus valores normalizados e ponderados (Figura 8).

A definição do número e intervalo de classes a ser utilizado na discretização dos dados deve basear-se em parâmetros estatísticos claros, observando-se as recomendações propostas por Azevedo e Campos (1981), Moura (1993), Duarte (1997) e Sampaio (2001).

Como possibilidade de construção recomenda-se testar a discretização em cinco classes. A prática tem demonstrado que este valor permite boa distinção entre os grupos de dados. Ainda, para definição do intervalo de classes, sugere-se o uso do critério estatístico *quantil*, de modo a evitar a formação de classes de dados vazias, baseando-se na frequência e padrão de distribuição dos dados (DUARTE, 1997).

As nomenclaturas utilizadas para descrever as classes de valores deverão priorizar o emprego de termos adequados ao fenômeno representado, evitando, sempre que possível, o emprego de termos pejorativos.

Conforme lembra Cunha et al. (2006), como as características das unidades espaciais não necessariamente se aplicam à todos os seus indivíduos, nomenclaturas como: péssimas condições, má qualidade e outras, além de apresentar caráter pejorativo, podem não condizer com a visão da população local.

5 CONCLUSÃO

A Cartografia de Síntese, a partir da análise de multicritérios possibilita a combinação de diferentes variáveis quantitativas, de forma combinada e sob diferentes pesos. Ela permite a obtenção de novos dados, os quais podem facilitar a compreensão do fenômeno que se deseja representar.

Processos de síntese elementar (normalização) encontram-se disponibilizados na maioria dos SIG's. Entretanto, sínteses a partir de processos de ponderação e combinação de muitas variáveis podem ser elaborados em planilhas eletrônicas, de modo a facilitar sua construção.

No entanto, o processo de síntese deve basear-se em critérios bem definidos para eleição das variáveis e atribuição de pesos, visto que a inclusão/exclusão de uma dada variável ou alteração de um peso afeta diretamente o resultado da síntese.

A síntese empírica, utilizada para apresentação do processo de síntese, não teve por finalidade retratar as condições de habitação em Curitiba – PR, senão de exemplificar a complexidade envolvida neste processo.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. G.; CAMPOS, P. H. B. **Estatística básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico Científico, 1981.

BERTIN, J. **Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes**. Paris: Mouton et Gauthiers-Villars, 1967.

BONIN, S. **Initiation à la graphique**. 2. ed. Paris: Epi, 1983.

CUNHA, J. M. P. (Org.). **Novas metrópoles paulistas: população, vulnerabilidade e segregação**. 1. ed. Campinas, SP: Ed. da Unicamp, 2006. v. 1.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de cartografia**. São Paulo. Ed. da UFSC, 1997.

GENOVEZ, P. C. **Território e desigualdades: análise espacial intra-urbana no estudo da dinâmica de exclusão/inclusão social do espaço urbano em São José dos Campos – SP**. 2002. 222 f. Tese (Doutorado) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2002.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Agregado por setores censitários dos resultados do universo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2003.

KAIRALLA, A. S. S. Técnica Delphi para análise de um sistema de informação: estudo de viabilidade. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 11-23, 1984.

LE SANN, J. G. Documento gráfico: considerações gerais. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, ano 1, n. 3. p. 3-17. 1983.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.

_____. **Gráficos e mapas: construa-os você mesmo**. 1. ed. São Paulo: Ed. Moderna, 1998.

_____. **Curso de cartografia temática**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1991. 180 p.

MOURA, A. C. M. **Estudo metodológico da aplicação da cartografia temática às análises urbanas**. 1993. 210 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993.

SAMPAIO, T. V. M. **Instrumentos cartográficos de apoio ao planejamento regional: definição e diretrizes para elaboração – um exemplo com base nos dados das regiões Metropolitanas da Grande Vitória – ES e Belo Horizonte – MG**. 2001. 169 f. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

UMBELINO, G. J. M. Aplicação do índice de qualidade de vida humana (IQVH) nas regiões metropolitanas do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 339-340, 2007.

Data de submissão: 18.03.2010

Data de aceite: 30.11.2011