

3

CAPÍTULO

Álvaro de Oliveira D'Antona; Maria do Carmo Dias Bueno

GRADES ESTATÍSTICAS NO ESTUDO DA DISPERSÃO URBANA - SUPERAÇÃO DOS LIMITES DAS UNIDADES ADMINISTRATIVAS E OPERACIONAIS CENSITÁRIAS

As unidades usualmente utilizadas para a representação das variáveis demográficas trazem algumas dificuldades aos estudos de População e Ambiente, para os quais o relacionamento entre as variáveis populacionais e as variáveis ambientais é de central relevância. A expressão dos dados sociodemográficos segundo limites administrativos (estados e municípios) e limites de unidades operacionais, como os setores censitários, trazem uma série de restrições nem sempre devidamente consideradas nas análises.

Essas dificuldades afetam a compreensão do fenômeno da dispersão urbana, sobretudo sob a perspectiva dos estudos de população, posto que a qualidade dos resultados depende diretamente das unidades geográficas de análise e das relações que se podem estabelecer entre as variáveis demográficas e outras, tais como as relativas a aspectos geofísicos, infraestruturas públicas (sobretudo as viárias), oferta de serviços e características das edificações.

Apresenta-se aqui uma proposta alternativa para a incorporação de dados populacionais aos estudos de dispersão urbana com base na utilização de grades regulares como suporte geográfico para agregação de dados. Primeiramente são abordados os principais problemas encontrados em estudos populacionais e que afetam a percepção da dispersão urbana para, a seguir, se evidenciar como o uso da

grade regular pode minimizá-los de tal modo a favores a representação e a análise da distribuição da população em relação a outros aspectos pertinentes para os estudos da urbanização¹¹.

3.1. DESAFIOS DAS ANÁLISES ESPACIAIS

Os dados demográficos disponibilizados por domicílios e representados por pontos constituem-se na melhor alternativa para análises espaciais multiescalares (GRASLAND; MADELIN, 2006). Contudo, os dados estatísticos geralmente são disseminados agregados em unidades de área (polígonos) que representam setores censitários e municípios, por exemplo. Isso se deve, principalmente, a questões legais de manutenção do sigilo estatístico.

A utilização de unidades de área em análises espaciais gera alguns problemas, os quais serão abordados a seguir enfatizando-se suas implicações aos estudos de urbanização e dispersão urbana.

3.1.1. PROBLEMA DA UNIDADE DE ÁREA MODIFICÁVEL E FALÁCIA ECOLÓGICA

O Problema da Unidade de Área Modificável, do inglês, Modifiable Area Unit Problem ou MAUP (GEHLKE e BIEHL, 1934; OPENSHAW e TAYLOR 1979, 1981), envolve dois efeitos que ocorrem simultaneamente (WONG, 1996): o efeito de escala e o efeito de zoneamento.

O efeito de escala está relacionado com diferenças nas medidas estatísticas obtidas quando as variáveis são agrupadas em unidades distintas. Quanto mais agregados os dados (unidades geográficas maiores), menor a quantidade de unidades consideradas, o que causa a diminuição da variância dos resultados e a consequente perda de heterogeneidade (Figura 3.1, Quadro A). Esse efeito pode ser observado em análises demográficas em distintos níveis de unidades administrativas, como municípios e regiões administrativas, por exemplo. O efeito de zoneamento ou de agrupamento relaciona-se com a variabilidade dos resultados estatísticos obtidos em

¹¹ Realizado no contexto do projeto Agregação de dados censitários em uma grade regular para análise da distribuição e de características da população: o caso de São Paulo, 2010 (Auxílio FAPESP: 12/50766-7) e com técnicas desenvolvidas na tese de doutorado defendida no Programa Pós-Graduação em Demografia da Unicamp (BUENO, 2014).

função das diversas maneiras que as unidades podem ser agrupadas. Ocorre, portanto, pela alteração no arranjo das unidades em uma mesma escala e sem que a quantidade dessas se altere (Figura 3.1, Quadro B).

Outro problema usualmente enfrentado na análise de dados agregados é a Falácia Ecológica, um erro inferencial que significa que uma análise baseada em dados agregados pode levar a conclusões diferentes daquelas que seriam obtidas com a análise de dados individuais (ROBINSON, 1950). Desta maneira, a correlação positiva entre duas variáveis, eventualmente observada em uma análise com dados agregados em setores censitários, pode não se verificar em uma análise com dados individuais ou com dados agregados em unidades maiores, como municípios, por exemplo.

Qualquer análise espacial está sujeita aos problemas descritos acima. Especificamente em estudos urbanos, a definição das unidades de análise pode impactar nos resultados da distribuição da população, sobretudo quando se trabalha com unidades extensas e pouco aderentes aos dados observados empiricamente. O prejuízo maior – e nem sempre adequadamente contabilizado – se dá nas porções mais heterogêneas e, eventualmente, mais dinâmicas do território.

3.1.2. LIMITAÇÕES NAS REPRESENTAÇÕES DOS DADOS

3.1.2.1. *Pressuposição de homogeneidade interna e a variabilidade das dimensões das unidades*

As análises desenvolvidas a partir de dados sociodemográficos apresentados por unidades administrativas (estados, municípios, etc.) e por unidades operacionais de coleta (setores censitários) assumem como verdadeira a hipótese de homogeneidade no interior das unidades utilizadas, ou seja, assume-se que a distribuição da população e de suas características é uniforme em toda a área de cada unidade espacial. Contudo, a suposição é frágil quando se considera a diversidade de formas de ocupação no interior de um município e mesmo no interior de unidades menores, como um setor censitário. Sem conhecer a diferenciação interna de cada unidade torna-se difícil dimensionar o erro que se incorre com a suposição de homogeneidade interna. A distribuição da população depende de uma série de características que não se apresentam, necessariamente, de maneira uniforme, tais como atributos geofísicos e infraestruturais.

Além disso, as unidades político-administrativas e de coleta podem variar radicalmente em tamanho, forma e ocupação de uma região para outra, ou de um contexto a outro, o que compromete alguns tipos de comparações. Por exemplo, há setores censitários na Amazônia muito maiores que municípios do sudeste do país; os setores censitários, sobretudo nas franjas das cidades, podem apresentar ocupação muito desigual dentro de seus limites. A variação em dimensão, perímetro e número

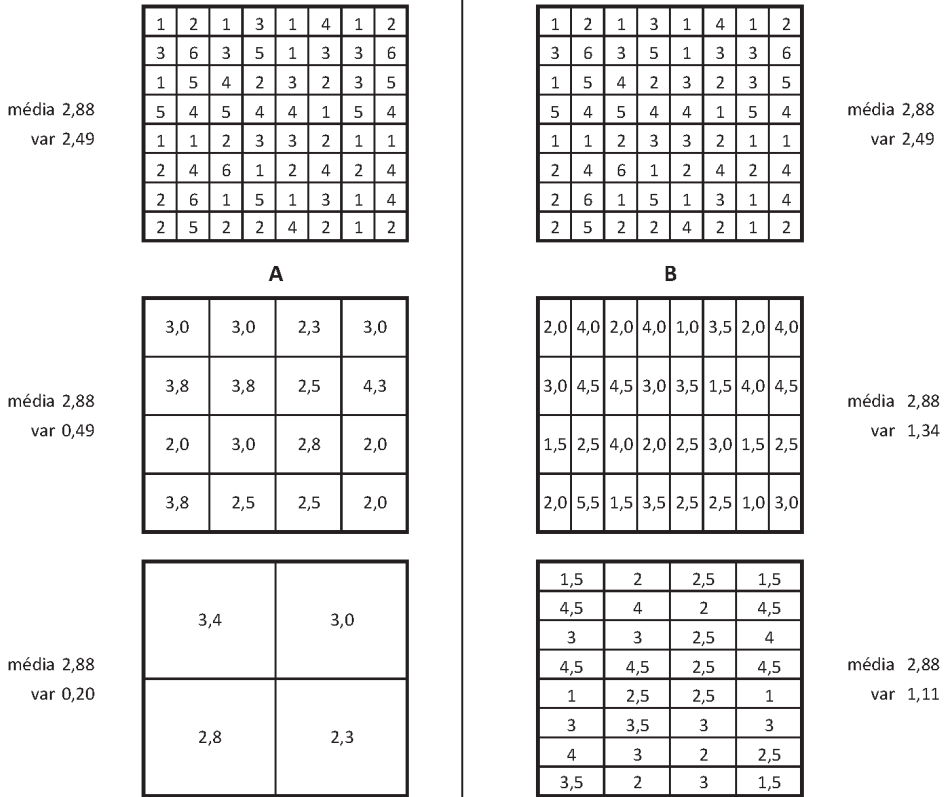


Figura 3.1: Efeitos do MAUP — Quadro A: Efeito de escala: Dada uma distribuição original, nota-se que a média dos valores se mantém inalterada conforme a agregação aumenta, enquanto que a variância diminui, acarretando na homogeneização dos valores da variável considerada conforme se diminui a escala. Quadro B: Efeito de zoneamento: A partir da distribuição original, os dois agrupamentos gerados apresentam a mesma quantidade de unidades (32), mantendo-se a média nos dois quadros; contudo, a variância se altera devido à mudança no agrupamento das unidades (agrupamento na vertical e na horizontal). Adaptado de JELINSKI; WU, 1996.

de polígonos vizinhos a cada unidade espacial pode comprometer análises estatísticas espaciais.

A variação intra e entre setores censitários acaba por fragilizar as medidas de dispersão populacional que são tão importantes para o entendimento da organização da população no espaço. Há grandes diferenças entre aqueles setores classificados como urbanos e entre tais setores e os rurais; há variação nas dimensões dos setores classificados como estritamente urbanos, desde os menores e densamente ocupados, geralmente em áreas intensamente edificadas, até aqueles maiores e menos ocupados, geralmente em áreas de expansão urbana.

3.1.2.2. *Baixa resolução espacial*

A resolução espacial pode ser utilizada para avaliar o grau de particionamento das unidades geográficas (TOBLER et al., 1997), servindo como medida da precisão espacial envolvida na divisão de uma região em unidades. Uma região dividida em muitas unidades geográficas pequenas oferece uma resolução espacial maior do que outra região de extensão equivalente, mas dividida em poucas unidades com grande extensão.

Em áreas mais antigas e mais ocupadas da cidade, com maior densidade demográfica, os setores tendem a ser pequenos comparativamente a outros setores urbanos em porções mais recentemente ocupadas e com menor densidade populacional. Considerando-se segmentos distintos de um mesmo município, é como se existissem resoluções diferentes: uma no centro da cidade, muito maior que a resolução espacial nas periferias, a qual, por sua vez, tende a ser maior que a resolução nas porções definidas como rurais. O mesmo se aplica em análises regionais e nacionais tendo em vista as distintas dimensões dos municípios e dos setores censitários de norte a sul do Brasil.

Para melhorar a qualidade das análises espaciais que utilizam dados censitários seria preciso aumentar a resolução espacial das unidades geográficas utilizadas para a sua disseminação, tornando-a o menor possível, respeitando os preceitos de confidencialidade estatística. Também seria desejável que tais unidades não variassem em tamanho e forma, o que tornaria a medida mais efetiva e melhoraria o resultado das análises espaciais.

3.1.2.3. *Falta de aderência entre camadas de informação*

Por vezes, a existência de limites territoriais prejudica a representação de fenômenos socioeconômicos e ambientais, pois esses agem como barreiras artificiais (GRASLAND; MADELIN, 2006) que dificultam a articulação de diferentes conjuntos de informações, como por exemplo, dados ambientais e demográficos, tarefa bastante comum em estudos de População e Ambiente (de SHERBININ et al., 2002).

A falta de aderência de limites municipais – sobretudo nos casos dos municípios maiores – a outros tipos de limites ambientais, como o de bacias hidrográficas, é de fácil percepção. Contudo, a falta de aderência a outras camadas de informação pode se dar com os setores censitários, geralmente empregados em análises intramunicipais e em análises regionais em que as comparações por municípios se mostrem insuficientes.

Considerando-se que a urbanização envolve vários processos e dimensões, ela não deve ser analisada apenas pela densidade populacional e de forma desarticulada de outros tipos de informação. A não correspondência entre os limites das unidades

geográficas utilizadas para expressar a distribuição da população e as utilizadas para representar outros atributos relevantes é, portanto, um problema para a realização de análises espaciais.

A própria urbanização não pode ser circunscrita ao limite de um município. A expansão da mancha urbana e a dispersão da população extravasam os limites municipais, como se pode verificar tanto nas regiões metropolitanas quanto em polos regionais de menor porte.

3.1.2.4. Alteração dos limites ao longo do tempo

Tanto as unidades operacionais quanto as unidades político-administrativas podem ter seus limites alterados ao longo do tempo comprometendo análises comparativas. Devido ao dinamismo das porções urbanas, uma análise baseada em setores censitários e com a utilização de informações de vários censos requer que a malha de cada censo seja ajustada a dos demais, o que necessita de um número enorme de horas de atividade técnica.

Os processos de urbanização são os principais responsáveis pelas mudanças nas malhas de municípios e de setores censitários. Pode-se dizer que tais mudanças tendem a ocorrer com maior frequência naqueles contextos em que as transformações urbanas são mais intensas. Na perspectiva intramunicipal, o adensamento da ocupação em porções sob processo de verticalização das edificações leva ao fracionamento dos setores. Nos casos em que há processos de dispersão com expansão da mancha urbana, os setores maiores podem integrar porções em ocupação e porções ainda não ocupadas. Há ainda os casos em que a dispersão urbana a partir dos distritos de um município pode gerar sedes de novos municípios emancipados do município original. Sendo assim, seria mais adequado utilizar unidades geográficas de representação que fossem estáveis ao longo do tempo, não sujeitas a dinâmicas próprias do fenômeno que se pretende observar, neste caso, a própria urbanização.

3.1.3. IMPACTOS NOS ESTUDOS DA URBANIZAÇÃO

Pelo exposto até aqui, vê-se que a escolha da unidade geográfica de expressão da distribuição da população afeta o resultado obtido e as relações entre as variáveis consideradas. Além do MAUP e da Falácia Ecológica, os problemas decorrem da pressuposição de homogeneidade, da baixa resolução espacial, da falta de aderência a limites de outras camadas de informação, ou ainda da variabilidade dos limites das unidades geográficas ao longo do tempo.

Na incorporação de elementos demográficos aos estudos de dinâmicas da urbanização, os problemas apontados acabam por restringir a percepção do próprio objeto que se deseja analisar. Especificamente sobre o uso de dados censitários, duas práticas devem ser evitadas: o da excessiva simplificação causada pelo uso exclusivo da densidade populacional como representação de urbanização e o da predefinição de rural e urbano com base na classificação de setores censitários.

Com base na percepção de que as áreas urbanas são mais densas que as rurais, generaliza-se o uso da densidade populacional como um sinal de urbanização, o que torna mais direta a associação da componente demográfica com a ideia de mancha urbana. Ocorre que, se a homogeneidade na distribuição da população por setor censitário não se sustenta, necessariamente, se torna difícil acreditar que a densidade em tais unidades sejam uma boa proxy para a representação da mancha urbana. Esta potencial baixa aderência à mancha urbana pode dificultar a percepção de vazios no tecido urbano, o que limita o entendimento de processos de ocupação decorrentes, por exemplo, da especulação imobiliária que usualmente alimenta a expansão urbana.

O pressuposto de homogeneidade associado à variação nas dimensões dos polígonos e a baixa resolução espacial geram, do ponto de vista demográfico, o quadro de um urbano que não corresponde com precisão à superfície de fato ocupada. As alterações nos limites dos setores censitários, ao longo do tempo, tornam difícil a sobreposição de quadros de distintos censos, ampliando o problema da falta de aderência dos dados ao processo da dispersão urbana. Tais constatações levam a opção por sistemas com unidades pequenas (para aumento da resolução espacial) e estáveis ao longo do tempo, de tal modo que o volume e a densidade da população possam realmente ser uma boa proxy de ocupação.

Complementarmente à densidade, cabe perguntar-se quais outras variáveis demográficas são pertinentes para os estudos dos fenômenos urbanos. Os censos indicam tendências distintas entre contextos rurais e urbanos. Em termos da composição de sexo e idade da população, por exemplo, pode-se esperar uma maior razão de sexo (número de homens para cada grupo de 100 mulheres) em zonas rurais que nas cidades e uma maior razão de dependência de idosos (população de idosos em relação à população em idade ativa) em bairros mais antigos (geralmente, os centros das cidades) do que em bairros novos e condomínios mais afastados do centro; reflexos localizados do envelhecimento e feminização urbana (FERREIRA, 2001; MOREIRA, 1998). Estudos sobre transição demográfica e transição urbana, assim como aqueles tocam em aspectos das mudanças contemporâneas na composição e no número de residências urbanas, indicam que o volume da população e a densidade demográfica não bastam para o entendimento das dinâmicas urbanas (BRITO, 2008; SILVA; MONTE-MOR, 2010; CARMO; DAGNINO; JOHANSEN, 2014; OJIMA; MONTEIRO; NASCIMENTO, 2015). Tais elementos são indícios da relevância da

incorporação mais sistemática de outras variáveis demográficas, como as domiciliares e as de composição da população por sexo e idade, lembrando que, ao espacializá-las, pode-se incorrer nos problemas anteriormente apontados.

A outra prática a ser evitada é a predefinição de rural e urbano conforme classificação de setores censitários o que, no caso do censo demográfico brasileiro, decorre do uso da variável ‘situação do setor’. Além da distinção entre rural e urbano (correspondente ao definido por lei em cada município), o IBGE define uma gradação entre os polos da dicotômica classificação urbano-rural (Quadro 3.1).

URBANO Área interna ao perímetro urbano	1	área urbanizada de vila ou cidade
	2	área não urbanizada de vila ou cidade
	3	área urbana isolada
RURAL Área externa ao perímetro urbano	4	rural, de extensão urbana
	5	rural, povoado
	6	rural, núcleo
	7	rural, outros aglomerados
	8	rural, exclusive aglomerados

Quadro 3.1: Situação do setor censitário – Censo Demográfico 2010. Fonte: Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário, 2011. <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Aggregados_por_Setores_Censitarios/>

Ainda que a utilização desta classificação pareça bastante razoável, é preciso considerar que, do ponto de vista analítico, o apego ao código de situação do setor pode comprometer os resultados por pré-definir sob um mesmo código, ocupações, eventualmente, muito distintas, ou, ao contrário, por classificar ocupações semelhantes com códigos distintos. Por exemplo, porções destinadas à expansão urbana de um município, ainda não densamente habitadas, podem estar definidas como urbanas (código 1 ou 2). Por outro lado, expansões urbanas sobre o rural decorrentes de ocupações não planejadas ou não atualizadas no zoneamento municipal podem não estar definidas como urbanas.

Que rural e que urbano, a partir dos dados demográficos dos censos, se apresentam? Perguntas como esta levam, primeiro, a analisar os dados demográficos para, depois, classifica-los no gradiente rural-urbano. Ou seja, a ocupação nos setores, seja ela em termos de densidade ou de outras variáveis, deve ser testada ao menos para verificar se a variável ‘situação do setor’ faz sentido para o tipo de análise pretendida e se as variações observadas em setores de um mesmo tipo não indicam a necessidade de outros sistemas classificatórios com base nos atributos da população.

3.2. A GRADE ESTATÍSTICA COMO UMA ALTERNATIVA

3.2.1. VANTAGENS

A grade estatística é um sistema de células regulares georreferenciadas que servem como repositório para dados estatísticos (TRAINOR, 2010). A criação de uma grade favorece a integração de dados de origens diversas em unidades menores e sem variação ao longo do tempo, o que permite que sejam adequadas a qualquer recorte geográfico (GUZMÁN; SCHENSUL; ZHANG, 2013). A sua utilização se viabiliza e se intensifica tanto pelo avanço no uso de ferramentas de geoprocessamento, GPS e sensoriamento remoto nos censos (NAÇÕES UNIDAS, 2000; 2009) quanto pela facilidade de se criar unidades artificiais de análise em ambiente digital, como buffers baseados em pontos, linhas ou áreas (RUSANEM et al., 2001).

Comparativamente às formas convencionais de disseminação, uma grade apresenta, dentre outras, as seguintes vantagens: a) estabilidade espaço-temporal; b) adaptação a recortes espaciais diversos; c) hierarquia e flexibilidade; d) versatilidade; e) facilidade de interpretação cartográfica; f) utilização em modelagens e g) minimização dos efeitos do MAUP (BUENO, 2014).

Enquanto as unidades geográficas identificadas com a administração do território (municípios, distritos e outras) e as unidades operacionais (setores censitários) estão sujeitas a alterações nos seus limites físicos ao longo do tempo, as células apresentam estabilidade espaço-temporal. A estabilidade, vista como uma das principais vantagens deste sistema (MARTIN, 2000; TAMMILEHTO-LUODE et al., 2000; RUSANEM et al., 2001; TAMMILEHTO-LUODE, 2011), permite maior rapidez na identificação de mudanças ocorridas em qualquer variável analisada ao longo do tempo. Sendo assim, os limites das células não estão sujeitos às variações causadas pela dinâmica urbana (por exemplo, aquelas decorrentes de incremento da população em uma dada porção da cidade), o que permite capturar melhor as mudanças demográficas.

Por ter uma forma simples, regular e de pequenas dimensões as células podem ser agrupadas de diversas formas, garantindo a adaptação a recortes espaciais distintos (TAMMILEHTO-LUODE, 2011). O sistema garante, assim, uma maior aderência entre a distribuição da população e a mancha urbana, sobretudo nos limites ou bordas das cidades, porções nas quais, geralmente, os setores censitários são maiores e com ocupação bastante heterogênea. A abstração gerada pelas células também propicia que as análises se apliquem indistintamente a contextos locais (uma cidade, por exemplo) e a contextos regionais, como os estaduais e macrorregionais. O trânsito por escalas distintas é facilitado pela hierarquia e flexibilidade do sistema de grade: um conjunto de células adjacentes pode ser combinado em uma célula maior, pertencente a um nível hierárquico superior. Além disso, o sistema é flexível, permitindo que diversos níveis

hierárquicos possam conviver em uma mesma grade, existindo células com dimensões diferentes cobrindo áreas urbanas, com uma ocupação mais densa, e áreas rurais, que tem uma ocupação mais dispersa.

Analicamente, cabe destacar a versatilidade do sistema que pode ser construído utilizando tanto uma estrutura de dados vetorial quanto matricial¹². Quando a estrutura empregada é a vetorial, geralmente utilizada na agregação de dados pontuais, todas as variáveis existentes podem ser alocadas na tabela de atributos e relacionadas com a geometria, facilitando a análise conjunta dessas variáveis (STRAND; BLOCH, 2009). Quando a estrutura empregada no produto final é a matricial ou raster, geralmente utilizada na desagregação ou transformação de dados, as variáveis são tratadas individualmente e abre-se um leque de técnicas como as empregadas em análises de sensoriamento remoto.

A utilização de células regulares oferece uma forma mais legível de interpretação cartográfica do fenômeno representado, uma vez que torna as variáveis mais facilmente comparáveis visualmente (GRASLAND; MADELIN, 2006). Há também um grande potencial para utilização em modelagens, uma vez que a maioria dos modelos de simulação utiliza estruturas celulares como dado de entrada. Atualmente tem-se utilizado modelos de autômatos celulares para simular fenômenos urbanos, como crescimento regional, urban sprawl e evolução do uso das terras.

Finalmente, a utilização de grades pode ser uma estratégia de minimização dos efeitos do MAUP, já que os seus dois aspectos ficam mais críticos à medida que a quantidade de unidades diminui e, conseqüentemente, a dimensão das unidades aumenta (WRIGLEY 1995). Ao se comparar um sistema de grade, que tem uma grande quantidade de células pequenas, com um sistema de unidades administrativas com poucas unidades de grande extensão, pode-se inferir que o MAUP se apresenta menos crítico no primeiro caso do que no segundo. Apesar de alguns autores contestarem a afirmação de que a agregação de dados em níveis geográficos menores pode minimizar os impactos causados pelo problema da área modificável (OPENSHAW e RAO, 1995), a estratégia é defendida por, dentre outros, GOODCHILD (1992), SOUZA; TORRES (2003); SCHUURMAN et al. (2006) e CARVALHO et al. (2004).

A Figura 3.2 sintetiza as principais vantagens do uso da grade em decorrência de sua melhor resolução espacial. Destaca-se a aderência à mancha urbana tanto nas franjas como em interstícios não ocupados do tecido urbano. A melhor resolução espacial, inclusive com a identificação dos espaços sem população, torna a variável densidade populacional uma aproximação mais adequada da dispersão urbana.

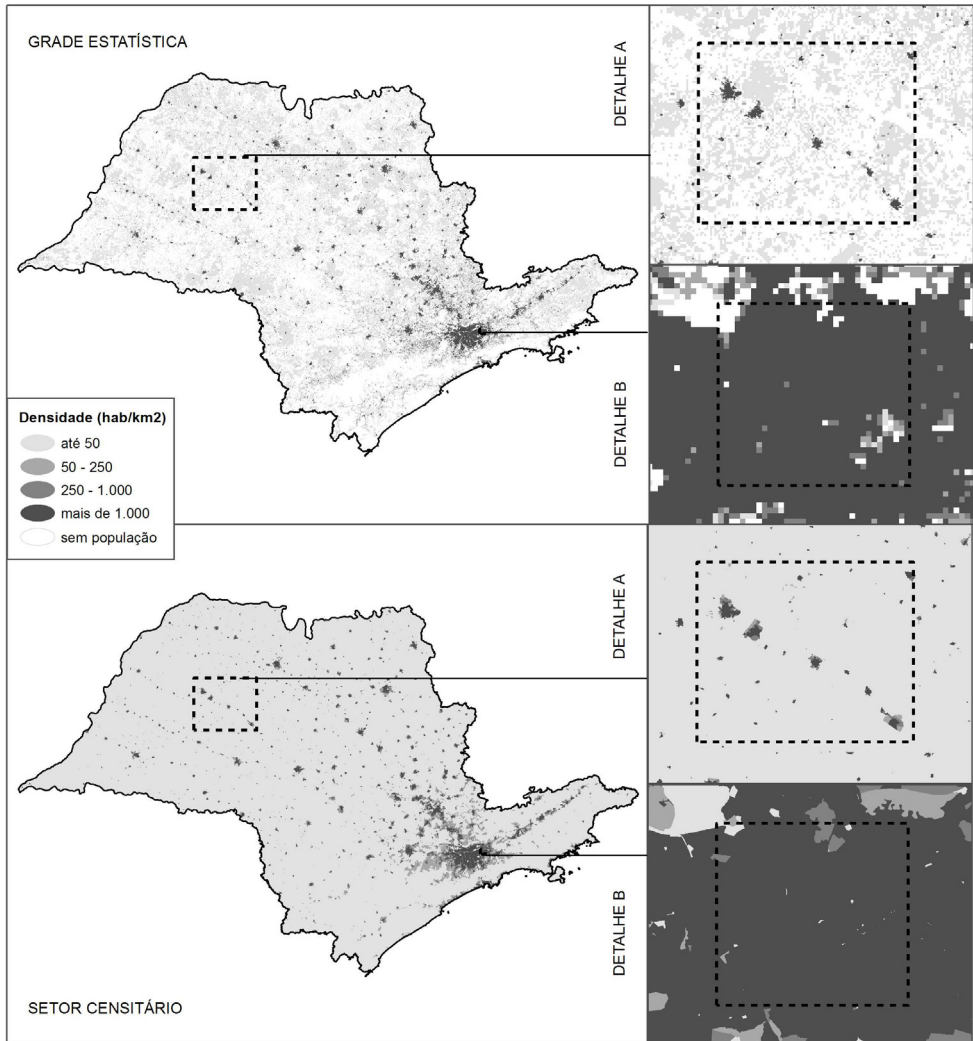


Figura 3.2: Melhorias na resolução espacial – Quadro Inferior: Setor Censitário: A baixa resolução espacial das unidades permite pouco detalhamento, principalmente nas regiões rurais. Quadro Superior: Grade Estatística: A maior resolução espacial enriquece o mapeamento, permitindo a identificação de padrões espaciais e de áreas sem população. Criado pelos autores. Fonte: IBGE – Censo Demográfico 2010.

¹² As estruturas vetoriais representam as entidades geográficas através de três formas básicas: pontos, linhas e áreas (ou polígonos), definidas por suas coordenadas cartesianas. As estruturas matriciais utilizam uma grade regular sobre a qual se representam os elementos geográficos (CÂMARA, 2005).

3.2.2. DESAFIOS

A adoção de um sistema de grades oferece, portanto, vantagens em relação à utilização de unidades operacionais ou político-administrativas para a disseminação de dados censitários, tornando-se uma opção desejável. Contudo, a montagem e o uso de uma grade apresentam seus próprios desafios. Os principais deles se relacionam com a confidencialidade, com a análise dos dados e com a comparabilidade dos resultados aos obtidos em outros contextos ou com outras grades, como no caso da compatibilidade aos sistemas usados por outros países (BUENO, 2014). Esses desafios influenciam a definição do tamanho das células e as estratégias utilizadas para atribuir as variáveis sociodemográficas a elas.

A confidencialidade se apresenta como um dos maiores desafios e o mais pertinente para a presente reflexão. O uso de dados estatísticos agregados em pequenas áreas geográficas como as células gera o dilema entre liberar os dados sem restrição correndo o risco de quebra do sigilo estatístico e suprimir dados que podem alterar os resultados de um estudo (BALK; GUZMÁN; SCHENSUL, 2013).

A definição do tamanho da célula deve buscar otimizar dois parâmetros: por um lado, reduzir o seu tamanho de modo a obter uma resolução espacial adequada ao estudo que se pretende realizar; por outro, encontrar um tamanho que não gere um número elevado de células que não possam ser divulgadas por violação das regras de sigilo. A relação entre a quantidade de dados liberados e a dimensão da célula não é linear; a resposta ótima varia conforme o caso a ser considerado e a análise pretendida. Ou seja, não existe um tamanho ótimo de unidade aplicável a todos os casos (D'ANTONA; OLIVEIRA; TOREZZAN, 2015).

As técnicas utilizadas para minimizar o risco de quebra de confidencialidade acarretam em algum grau de redução da quantidade e da qualidade das informações disponibilizadas (GUTMANN et al., 2008). Restringir a divulgação de dados a unidades com um número de domicílios superior a certo limite é uma alternativa para evitar a quebra de sigilo. Outra forma é substituir o uso dos valores brutos das variáveis pela utilização de indicadores ou taxas (BALK; GUZMÁN; SCHENSUL, 2013). Outra opção é a utilização de classes em vez de valores brutos (KAMINGER, 2007), pois o agrupamento dos valores de uma variável em classes mais abrangentes diminui o risco de quebra de confidencialidade, (por exemplo, '0 a 9 anos', ao invés de '0 a 4 anos' e '5 a 9 anos').

Em estudos intraurbanos, é preciso considerar que células maiores do que a média do tamanho dos setores censitários urbanos podem não ser úteis, posto que a grade não oferecerá uma resolução espacial substancialmente maior, ainda que a utilização de unidades regulares traga efeitos positivos para as análises espaciais. Por outro lado, reduzir as células a dimensões muito diminutas, menores do que uma quadra – o que

seria bastante apropriado a estudos de morfologia urbana – pode gerar um grande número de células indisponíveis para algumas variáveis por conta da aplicação das regras de sigilo.

A comparabilidade com outras grades também deve ser levada em conta para a definição das dimensões da célula. No contexto nacional, estudos comparativos requerem grades similares e, tanto quanto possível, as grades devem ser compatíveis com aquela utilizada para a disseminação de dados oficiais nacionais. No contexto internacional, a padronização também é desejável, principalmente pelo fato de a grade proporcionar uma abstração útil a comparações de contextos distintos, com distintas definições de urbano. As agências nacionais de estatística da Suécia (SEHLIN, 2011), Finlândia (STATISTICS FINLAND, 2012), Noruega (STRAND e BLOCH, 2009) e Japão (NAOKI e MASAYUKI, 2012), estão entre aquelas que utilizam grades regulares há algumas décadas. No Brasil, o uso de grades por parte do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE está em estudo a partir do trabalho pioneiro desenvolvido por Bueno (2014) com os dados do Censo Demográfico 2010. O potencial para análises comparativas se expressa também pelas bases globais, as quais, de modo geral, utilizam grades como forma de integrar dados de distintos países, ao longo do tempo, em um mesmo sistema de informações geográficas¹³.

Com relação à incorporação dos dados à grade, as técnicas de transferência de suporte espacial podem ser classificadas de acordo com três diferentes abordagens (PLUMEJEAUD et al., 2010): agregação, desagregação e interpolação. A abordagem de agregação consiste em somar os dados básicos que se encontram dentro da unidade desejada seguindo uma regra espacial de inclusão (PLUMEJEAUD et al., 2010). A principal característica desta solução é a simplicidade associada à fidelidade da distribuição dos domicílios. Contudo, seu uso é restrito aos produtores dos dados. A abordagem da desagregação consiste na transferência de dados já agregados em um tipo de unidade para outro tipo, preferencialmente de menor tamanho. A abordagem inclui distintas técnicas para a transferência, as quais implicam na criação de um denominador espacial comum entre as unidades de origem e de destino (PLUMEJEAUD et al., 2010). Os métodos de interpolação, dividem-se em procedimentos baseados em pontos – como os de interpolação por polinômios e os geoestatísticos (kriging) (WU et al., 2005) – e os baseados em áreas, o picnofilático (TOBLER, 1970), que utiliza a população em unidades de área como base para a criação de uma superfície suavizada em grade.

Pela simplicidade e precisão da agregação de dados, tal abordagem é de grande valia para estudos intraurbanos. Não sendo possível o seu uso exclusivo, seja por limitação ou por características dos dados originais disponíveis, outras técnicas podem ser utilizadas complementarmente no que se pode denominar como abordagem híbrida (BUENO, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realidade desigual das cidades é reconhecida apenas de maneira parcial, pois as diferenças das características da população associadas à sua distribuição espacial são difíceis de capturar (BUENO; MARANDOLA JR; D'ANTONA, 2012). Buscando contribuir para o aperfeiçoamento das formas de representação dos componentes demográficos em estudos de fenômenos como a dispersão urbana, foram apontadas as limitações do uso de setores censitários e de unidades administrativas e as vantagens do uso de grades estatísticas. A partir das reflexões que surgiram desses apontamentos, dois princípios importantes devem ser sintetizados:

1. Melhorar a resolução espacial dos dados. É essencial localizar a população - onde ela está e onde não está - para que indicadores como densidade demográfica possam aderir melhor à mancha urbana e a outras unidades geográficas relevantes para as análises.
2. Abstrair os limites das unidades administrativas e de coleta, assim como atributos que possam condicionar os resultados.

A grade estatística, constituída por células de pequenas dimensões comparativamente às outras unidades espaciais geralmente utilizadas para disseminação de dados, é uma base espacial de dados com maior resolução espacial e, conseqüentemente, com maior aderência a outras camadas de informação, o que representa um avanço nos estudos de morfologia e de dispersão, sobretudo por seu potencial para as análises estatísticas espaciais. A grade permite abstrair limites políticos-administrativos de tal modo que os processos intramunicipais e regionais podem ser tratados em conjunto, expandindo o potencial analítico de estudos como os de Ojima (2007) sobre a forma urbana. A possibilidade de transitar desde recortes intraurbanos até o estado, e para além dele, utilizando as mesmas unidades espaciais de representação dos dados e os mesmos indicadores, facilita a análise comparativa multi (e trans) escalar.

¹³ Dentre eles, destacam-se o Gridded Population of the World – GPW – e o Global Rural Urban Mapping Project – GRUMP – (CIESIN; COLUMBIA UNIVERSITY; CIAT, s.d.), o projeto LandScan (BADHURI et al., 2007), desenvolvido pelo Oak Ridge National Laboratory, o mapeamento global e continental utilizando grades do Programa Ambiental das Nações Unidas – UNEP – (NAÇÕES UNIDAS, s.d.), o World Pop Project, englobando projetos de mapeamento para a África, Ásia e América (WORLD POP, s.d.) e o GEOSTAT para os países da União Europeia (EFGS, 2012).

REFERÊNCIAS

- BALK, D.; GUZMÁN, J. M.; SCHENSUL, D. Harnessing Census Data for Environment and Climate Change Analysis. In: MARTINE, G. e SCHENSUL, D. (Ed.). *The Demography of Adaptation to Climate Change*. New York, London and Mexico City: UNFPA, IIED e El Colegio de México, 2013.
- BRITO, F. Transição demográfica e desigualdades sociais no Brasil. *R. bras. Est. Pop.*, v. 25, n. 1, p. 5-26, 2008.
- BUENO, M. C. D. *Grade estatística: uma abordagem para ampliar o potencial analítico de dados censitários*. Tese (Doutorado), Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, UNICAMP. 2014.
- CARMO, R. L.; DAGNINO, R. S.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. *R. bras. Est. Pop.*, v. 31, n.1, p. 169-190, jan./jun. 2014
- CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G; CRUZ, O G.; CORREA, V. Análise Espacial de Áreas. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CAMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004.
- CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK - CIESIN; COLUMBIA UNIVERSITY; CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT. *GPW and GRUMP: A Brief Background, Comparison, and History*. [s.d.] Disponível em: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/gpw-v3/about-us>>. Acesso em: 6 out. 2013.
- de SHERBININ, A.; BALK, D.; YAGER, K.; JAITEH, M.; POZZI, F.; GIRI, C.; WANNEBO, A. *A CIESIN thematic guide to social science applications of remote sensing*. Nova York: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), 2002.
- D'ANTONA, A. O.; OLIVEIRA, R. C., TOREZZAN, C. Gerador de grade regular para agregação de pontos (GERAGRADE). Programa de Computador. INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Número do registro: BR 51 2014 00096, data de registro: 01/05/2014. (Publicado na Revista da Propriedade Industrial nº 2324, de 21/07/2015).
- EFGS – EUROPEAN FORUM FOR GEOSTATISTICS. *GEOSTAT 1A – Representing Census data in a European population grid - Final Report*. 2012.
- FERREIRA, F. Evolução urbana e demográfica do envelhecimento em Belo Horizonte. *R. B. Estudos Urbanos e Regionais*, n. 4. p. 71-82, 2001.
- GEHLKE, C. E.; BIEHL, K. Certain Effects of Grouping upon the Size of the Correlation Coefficient in Census Tract Material. *Journal of the American Statistical Association*, sup. 29, p. 169-170, 1934.
- GOODCHILD, M. F. *Research Initiative 1: Accuracy of Spatial Databases*. Final

- Report. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, 1992.
- GRASLAND, C.; MADELIN, M. The Modifiable Areas Unit Problem – Final Report. ESPON. European Spatial Planning Observation Network, 2006.
- GUTMANN, M. P.; WITKOWSKI, K.; COLYER, C.; O'ROURKE, J. M.; MCNALLY, J. Providing Spatial Data for Secondary Analysis: Issues and Current Practices Relating to Confidentiality. *Population Research and Policy Review*, vol. 27, n. 6, p. 639-665, 2008.
- GUZMÁN, J. M.; SCHENSUL, D.; ZHANG, S. Understanding Vulnerability and Adaptation Using Census Data. In: MARTINE, G.; SCHENSUL, D. (Ed.). *The Demography of Adaptation to Climate Change*. New York, London and Mexico City: UNFPA, IIED e El Colegio de México, 2013.
- JELINSKI, D. E.; WU, J. The modifiable areal unit problem and implications for landscape ecology. *Landscape Ecology*, vol. 11, n. 3, p. 129-140, 1996
- KAMINGER, I. Assuring confidentiality with grid data. In: *GIS FOR STATISTICS*, Luxemburgo, 2007.
- MARTIN, D. Census 2001: making the best of zonal geographies. In: *The census of population: 2000 and beyond*, Manchester, 2000.
- MOREIRA, M. M. O envelhecimento da população brasileira: intensidade, feminização e dependência. *R. bras. Est. Pop.*, v. 15, n. 1, p. 79-94, 1998.
- NAÇÕES UNIDAS. Handbook on geographic information systems and digital mapping. *Studies in Methods, Series F, N. 79*. New York: Nações Unidas, 2000.
- NAÇÕES UNIDAS. Handbook on geospatial infrastructure in support of census activities. *Studies in Methods, Série F, N. 103*. New York: Nações Unidas, 2009.
- NAÇÕES UNIDAS. Global Resource Information Database. [s.d.]. Disponível em: <<http://na.unep.net/siouxfalls/datasets/datalist.php>>. Acesso em: 11 out. 2013.
- OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. *R. bras. Est. Pop.*, v. 24, p. 277-300, 2007.
- OJIMA, R.; MONTEIRO, F. E.; NASCIMENTO, T. C. Urbanização dispersa e mobilidade no contexto metropolitano de Natal: a dinâmica da população e a ampliação do espaço de vida. *urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana*. vol.7, n.1, p. 9-20, 2015.
- OPENSHAW, S.; RAO, L. Algorithms for reengineering 1991 Census geography. *Environment and Planning A*, vol. 27, p. 425-446, 1995.
- OPENSHAW, S.; TAYLOR, P. A Million or so Correlation Coefficients. In: WRIGLEY, N. (Ed.) *Statistical Methods in the Spatial Sciences*. London: Pion, 1979.
- OPENSHAW, S.; TAYLOR, P. The Modifiable Areal Unit Problem. In: WRIGLEY, N., BENNETT, R. (Ed.). *Quantitative Geography: A British View*. London: Routledge

- & Kegan Paul, p. 60–69, 1981.
- ROBINSON, W. Ecological correlations and the behavior of individuals. *American Sociological Review*, vol. 15, p. 351-57, 1950.
- RUSANEM, J.; MUILU, T.; COLPAERT, A.; NAUKKARINEN, A. Finnish socio-economic grid data, GIS and the hidden geography of unemployment. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geographie*, vol. 92, n. 2, p. 139-147, 2001.
- SCHUURMAN, N.; LESZCZYBSKI, A.; FIEDLER, R.; GRUND, D.; BELL, N. Building an Integrated Cadastral Fabric for Higher Resolution Socioeconomic Spatial Data Analysis. In: RIEDL, A.; KAINZ, W.; ELMES, G. A. (Ed.). *Progress in Spatial Data Handling: 12th International Symposium on Spatial Data Handling*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006.
- SEHLIN, J. Production of grid statistics at Statistics Sweden. In: EUROPEAN FORUM FOR GEOSTATISTICS WORKSHOP, Lisboa, Portugal, 2011.
- SILVA, H.; MONTE-MOR, R. Transições demográficas, transição urbana, urbanização extensiva: um ensaio sobre diálogos possíveis. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. Anais... Caxambu, 2010.
- SOUZA, G. O. C.; TORRES, H. G. O estudo da metrópole e o uso de informações georreferenciadas. *São Paulo em Perspectiva*, vol. 17, n. 3-4, p. 35-44, 2003.
- STATISTICS FINLAND. Grid Database 2012, 2012. Disponível em: <http://tilastokeskus.fi/tup/ruututietokanta/griddb2012_description.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2013.
- STRAND, G.; BLOCH, V. V. H. Statistical grids for Norway. Statistics Norway, Department of Economic Statistics, 2009.
- TAMMILEHTO-LUODE, M. Opportunities and challenges of grid-based statistics. In: WORLD STATISTICS CONGRESS OF THE INTERNATIONAL STATISTICAL INSTITUTE, Irlanda, 2011.
- TAMMILEHTO-LUODE, M.; BACKER, L.; ROGSTAT, L. Grid data and area delimitation by definition. Towards a better European territorial statistical system. In: CONFERENCE OF EUROPEAN STATICIANS, Suíça, 2000.
- TOBLER, W. R.. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, vol. 46, n. 2, p. 234-240, 1970.
- TOBLER, W. R.; DEICHMANN, U.; GOTTSEGEN, J.; MALOY, K. World Population in a Grid of Spherical Quadrilaterals. *International Journal of Population Geography*, vol. 3, p. 203–225, 1997.
- TRAINOR, T. Combining variable spatial data with grids to improve data visualization. In: CONFERENCE OF EUROPEAN STATICIANS, Paris, 2010.
- WONG, D. W. S. Aggregation effects in geo-referenced data. In: GRIFFITHS, Daniel A. (Ed.). *Advanced Spatial Statistics*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1996.
- WORLD POP PROJECT. Disponível em <<http://www.worldpop.org.uk/>>. Acesso em:

27 jun. 2015.

WRIGLEY, N. Revisiting the modifiable areal unit problem and the ecological fallacy. In CLIFF, A.; GOULD, P.; HOARE, A. e THRIFT, N. (Ed.). *Diffusing geography: Essays for Peter Haggett*. New York: Wiley-Blackwell, 1995.