

557

**O USO DE GEOPROCESSAMENTO NO PLANEJAMENTO DE PESQUISA
ORIGEM-DESTINO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS**

Cláudio Bielenki Júnior
bielenki@terra.com.br

**Archimedes Azevedo Raia
Jr.**
raiajr@power.ufscar.br

**Antônio Néelson Rodrigues
da Silva**
anelson@sc.usp.br

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:
Antônio Néelson Rodrigues da Silva
Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Transportes
Av. Trabalhador São-carlense, 400
13.566-590 Centro São Carlos - SP - Brasil

RESUMO

Atualmente, com a crescente demanda por viagens no ambiente urbano, o planejamento de transportes vem ganhando cada vez mais importância entre os estudos da engenharia urbana. Este processo de planejamento requer uma variada gama de informações a fim de possibilitar as diversas análises que influenciam os aspectos pertinentes à locomoção. Como fonte de aquisição de dados para o planejamento de transportes, a pesquisa Origem-Destino (OD) domiciliar representa uma ferramenta de fundamental importância, desde que representativa da área em estudo. Neste trabalho procurou-se apresentar uma metodologia de uso de ferramentas de geoprocessamento como auxílio ao planejamento da pesquisa OD, tendo como referência uma aplicação na cidade de São Carlos, SP. Os resultados da aplicação indicam que, para o minucioso trabalho de planejamento de uma pesquisa OD, a utilização das técnicas e ferramentas de geoprocessamento não é apenas pertinente, mas necessária, dada a sua forte vinculação com o espaço geográfico.

O USO DE GEOPROCESSAMENTO NO PLANEJAMENTO DE PESQUISA ORIGEM - DESTINO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS

C. Bielenki Jr., A. A. Raia Jr. e A. N. Rodrigues da Silva

RESUMO

Atualmente, com a crescente demanda por viagens no ambiente urbano, o planejamento de transportes vem ganhando cada vez mais importância entre os estudos da engenharia urbana. Este processo de planejamento requer uma variada gama de informações a fim de possibilitar as diversas análises que influenciam os aspectos pertinentes à locomoção. Como fonte de aquisição de dados para o planejamento de transportes, a pesquisa Origem-Destino (OD) domiciliar representa uma ferramenta de fundamental importância, desde que representativa da área em estudo. Neste trabalho procurou-se apresentar uma metodologia de uso de ferramentas de geoprocessamento como auxílio ao planejamento da pesquisa OD, tendo como referência uma aplicação na cidade de São Carlos, SP. Os resultados da aplicação indicam que, para o minucioso trabalho de planejamento de uma pesquisa OD, a utilização das técnicas e ferramentas de geoprocessamento não é apenas pertinente, mas necessária, dada a sua forte vinculação com o espaço geográfico.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento de transportes vem ganhando significativa importância, dentre outras causas, devido aos problemas ocasionados sobretudo pelo excesso de veículos particulares (congestionamentos, acidentes, poluição). É nesse contexto que os planejadores buscam soluções práticas para o desenvolvimento e implementação de alternativas que possam tornar o ambiente mais adequado às necessidades de deslocamento da população. Assim, a necessidade de informações reais e atualizadas para o entendimento de como são tomadas as decisões individuais de realização de atividades e viagens, em âmbito domiciliar e urbano mais amplo, justifica a realização de pesquisas Origem-Destino mesmo em cidades de menor porte, como a que é aqui objeto de análise.

O conjunto de informações coletado em uma pesquisa OD proporciona conhecer o padrão dos deslocamentos individuais da cidade para realização de estudos a respeito do planejamento de transportes no contexto urbano. A realização de uma pesquisa como esta requer um minucioso planejamento a fim de que não se despendam esforços e recursos desnecessários. No entanto, o planejamento de pesquisas OD é frequentemente conduzido através de métodos tradicionais, o que pode ser demorado e pouco preciso. Neste sentido, as ferramentas de geoprocessamento permitem uma análise espacial mais eficiente e podem se tornar um diferencial para o sucesso da organização dos trabalhos. Isso será discutido neste trabalho, cujo objetivo é apresentar o método para a realização de planejamento de pesquisa origem-destino desenvolvido e adotado na cidade de São Carlos, que foi realizado sobre plataformas de Sistemas de Informações Geográficas.

2 A PESQUISA ORIGEM-DESTINO

Pesquisa origem-destino é a denominação que se dá para as pesquisas de tráfego executadas no próprio local objeto de planejamento, podendo ser realizadas de diversos modos, mas sempre visando coletar dados que possibilitem o planejamento de sistemas de transportes. Os tipos mais utilizados são as pesquisas nas vias e domiciliares, sendo que a primeira é usada tanto para planos em zonas urbanas quanto em zonas rurais, enquanto que a segunda é mais utilizada em planos de transportes urbanos (Melo, 1975).

A técnica de pesquisa de entrevista domiciliar tem sido a maior fonte de obtenção de dados para estudos de transportes nas últimas décadas (Richardson *et al.*, 1995). Os resultados da pesquisa domiciliar OD delimitam a distribuição territorial da população e dos locais de interesse das viagens. É essa característica de espacialização das informações na área urbana que torna a pesquisa diferenciada das demais pesquisas do gênero. Seus resultados são sempre de grande valia não só para estudos de transportes, como também para áreas afins (Richardson *et al.*, 1995).

A pesquisa origem-destino é normalmente realizada não apenas para conhecer os pontos iniciais e finais das viagens, como também os horários, comprimentos, tempos de viagens, dados socioeconômicos dos viajantes etc. A pesquisa domiciliar é feita mediante o preenchimento de um questionário, através de uma entrevista que o pesquisador faz com as diversas pessoas moradoras de cada domicílio selecionado. As entrevistas domiciliares são realizadas, geralmente, com dois objetivos principais: obter informações estatísticas sobre as viagens dos residentes na área em estudo e descobrir as características gerais das famílias, de maneira que estas possam relacionar-se com a geração de viagens nas fases de construção de um modelo. Embora seja cara e trabalhosa, a pesquisa origem-destino feita através de pesquisa domiciliar é a que oferece, em geral, a possibilidade de se obter os melhores dados.

2.1 Geoprocessamento e Planejamento de Transportes

Tanto os modelos tradicionais como os Sistemas de Informação Geográfica conjugados a esses modelos permitem gerar alternativas para solução de problemas de transportes, simulando o comportamento do tráfego. No entanto, a principal vantagem dos SIGs em relação aos métodos tradicionais é a rapidez e a flexibilidade, pois a utilização de um sistema automatizado oferece ao planejador, administrador público ou engenheiro de transportes novos conceitos para representação gráfica e manipulação dos dados (Raia Jr., 2000).

Os usos de ferramentas de geoprocessamento no planejamento de transportes vêm sendo discutido por pesquisadores desde o final dos anos 1990 (como em Silva, 1998; Miller, 1999; Dhingra e Shrivastava, 1999; Thill, 2000; e Fletcher, 2000). No entanto, o seu uso prático em atividades básicas de planejamento, como a organização de pesquisas OD, por exemplo, ainda é muito pouco difundido na literatura. No Brasil, mais especificamente, não foi encontrado registro desse tipo de aplicação, o que levou ao desenvolvimento e aplicação da metodologia aqui apresentada, o que pode inclusive permitir a sua aplicação, no futuro, em outras cidades.

3 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida para este trabalho é composta das seguintes etapas: obtenção e tratamento dos dados básicos; verificação e tratamento da base cartográfica; modelagem do SIG; relacionamento dos domicílios com os setores censitários; elaboração de mapa com distribuição de renda na cidade; sorteio dos domicílios da amostra; distribuição da amostra por setores; caracterização de pontos para pesquisas complementares e integração com o programa *Google Earth*. Dada a natureza essencialmente aplicada do presente trabalho, a descrição das etapas da metodologia será feita ao mesmo tempo em que são apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo de caso em que a referida metodologia foi desenvolvida e aplicada, na cidade de São Carlos, em 2007. Nesta seção caberá apenas comentar acerca dos recursos computacionais que foram utilizados na aplicação.

Vários programas de computador foram usados neste trabalho. Um deles foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - *SPRING* (INPE-DPI, 1996), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e distribuído gratuitamente. Concebido para ambientes UNIX e Windows, tem as seguintes características gerais:

- Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e sem limitações de escala, projeção e fuso, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais, e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto em um SIG;
- Consegue escalabilidade completa, ou seja, é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variam desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

O *SPRING* é baseado em um modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial *LEGAL*.

O *TransCAD*, outro programa empregado, é um Sistema de Informações Geográficas desenvolvido sobretudo para utilização por profissionais de transporte (SIG-T), para armazenar, mostrar, manipular e analisar dados relativos a transporte. Combina a capacidade de um SIG com procedimentos de modelagem de transportes em uma única plataforma, provendo assim recursos para qualquer modo de transporte e diversas escalas de detalhe. Algumas de suas funcionalidades são:

- SIG com extensões especiais para transporte;
- Ferramentas de mapeamento e visualização especificamente desenvolvidas para aplicações de transporte;
- Módulos para roteirização, modelagem de demanda e otimização;
- Funciona em computadores com configurações usuais no mercado, sob todas as versões do *Windows* e é compatível com praticamente todos os demais programas comerciais atuais de SIG, o que traz os dois importantes benefícios destacadas na seqüência;
- A aquisição e instalação do software podem ser feitas a um custo muito mais baixo que qualquer outra solução integrada de SIG e modelagem de transporte;

- Não há necessidade de criar aplicações customizadas ou módulos de conversão/intercâmbio de dados para efetuar análises com os dados do SIG.

Adicionalmente, além de planilhas eletrônicas e gerenciadores de bancos de dados, fez-se também uso do *Google Earth*. Trata-se de um poderoso programa que combina os sofisticados recursos de pesquisa do *Google* com imagens de satélite, mapas, terrenos e edificações em 3D para colocar informações geográficas do mundo todo à sua disposição. Trata-se de um serviço de acesso a um banco de dados de fotografias aéreas e de imagens de satélites de diferentes pontos da superfície terrestre.

4 APLICAÇÃO

A aplicação e discussão das etapas da metodologia será feita na mesma seqüência em que foram citadas no primeiro parágrafo da seção anterior.

4.1 Obtenção e Tratamento dos Dados Básicos

Um arquivo disponibilizado pelo SAAE-Serviço Autônomo de Água e Esgoto, em formato TXT, oriundo de uma consulta ao banco de dados referentes aos hidrômetros cadastrados pela prefeitura, possui 83.559 registros com atributos de coordenadas UTM e área edificada. Esses registros foram exportados para o gerenciador de banco de dados *Access* e filtrados, tendo como restrição a área edificada nula, com o objetivo de diminuir a possibilidade de visitas pelos entrevistadores a terrenos vazios. Com este procedimento, o número de registros utilizados para o sorteio da amostra diminuiu para 60.861. A partir dos dados de coordenadas constantes na base foi gerado um arquivo vetorial de pontos para representar espacialmente a localização de cada domicílio. A Figura 1 mostra os domicílios da base de dados filtrada, com a apresentação de um detalhe da localização de alguns destes domicílios.

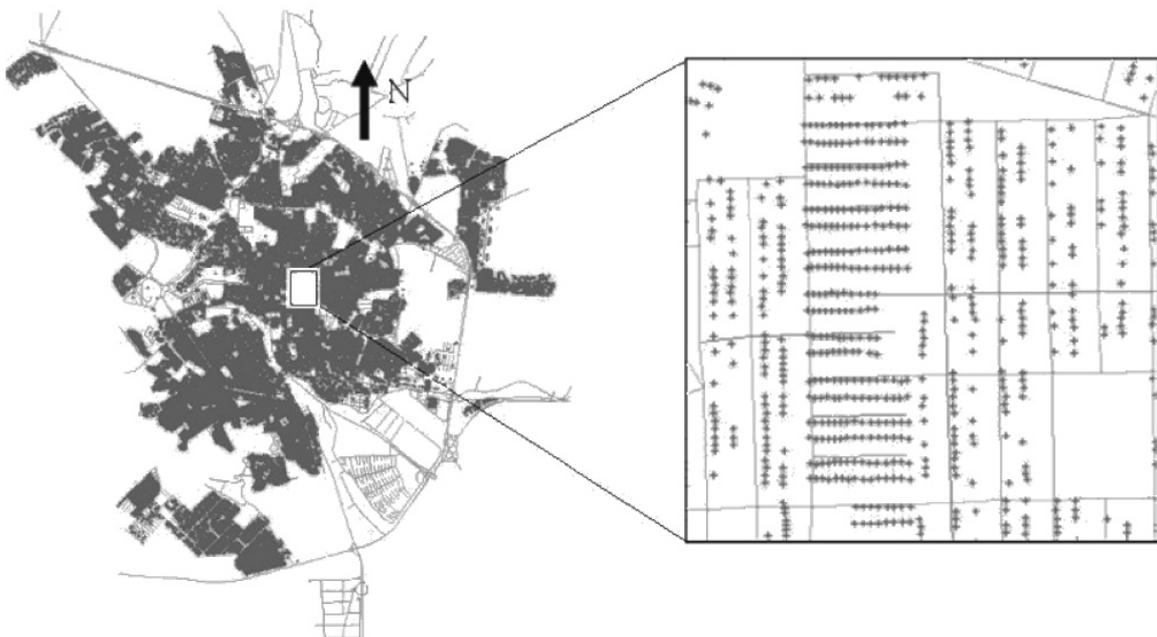


Fig. 1 Base cartográfica de São Carlos, com detalhe para a localização de domicílios

Um arquivo em formato DXF (*Drawing eXchange Format*), versão 12, contendo o mapa de ruas do município de São Carlos, sistema de referência *South American Datum 1969* (SAD69) e compatível com escala 1:10.000 foi também utilizado. Esta base, atualizada até o ano de 2004, foi igualmente disponibilizada pelo SAAE. A Figura 2(a) mostra a rede viária do município de São Carlos, representada pelos eixos das vias. Adicionalmente, usou-se um arquivo DXF contendo as zonas de tráfego da cidade de São Carlos, disponibilizado pela Secretaria Municipal de Trânsito, Transportes e Vias Públicas, cuja representação gráfica é mostrada na Figura 2(b).

Finalmente, utilizou-se a base de dados do município de São Carlos produzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o Censo do ano 2000, onde constam 245 setores censitários na área urbana principal (Figura 2(c)). O arquivo contendo os setores censitários de São Carlos, em formato SHP (*Shapefile*, da ESRI - *Environmental Systems Research Institute*), encontra-se disponibilizado pelo IBGE por meio da internet (http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo). As bases que compõem este produto utilizam, como referência cartográfica, a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e, como referência geodésica, o SAD 69.



Fig. 2 Mapas de São Carlos:
(a) eixos de vias, (b) zonas de tráfego e (c) setores censitários

4.2 Verificação e Tratamento da Base Cartográfica

Os arquivos disponíveis foram verificados em sua consistência cartográfica (referencial), topologia apropriada para SIG e formatos para incorporação ao SIG. O arquivo DXF contendo as zonas de tráfego do município não continha topologia própria de SIG, sendo formado apenas por linhas. Foi necessária a edição vetorial a fim de se obter polígonos consistentes (fechados) para a sua utilização no SIG.

4.3 Modelagem do SIG

Todos os dados foram incorporados em plataforma SIG para a edição e análise, nos programas *SPRING* e *TransCAD*. No *SPRING*, existe a necessidade de modelar um banco de dados geográfico a fim de receber os dados do projeto. Assim, foram incorporados ao projeto os arquivos da base cartográfica em uma categoria cadastral. Os seguintes planos de informações (PIs) foram gerados:

- *Arruamentos* (contendo o mapa de ruas de São Carlos representado por linhas);
- *Zonas de Tráfego* (contendo o mapa das zonas de tráfego, representados por polígonos);
- *Setores* (contendo o mapa de setores censitários para São Carlos IBGE 2000, representados por polígonos); e
- *Domicílios* (contendo os domicílios do cadastro de hidrômetros do SAAE, com área edificada diferente de valor zero ou nulo, representados por pontos).

As informações referentes aos setores censitários e aos domicílios foram incorporadas em duas categorias de objetos. Uma categoria do tipo não espacial foi criada para armazenar dados tabulares referentes aos setores censitários e uma categoria do tipo temática foi criada para visualização de planos de informações contendo mapas temáticos das análises realizadas.

4.4 Relacionamento dos Domicílios com os Setores Censitários

Ainda que obedecem a regras de identificação próprias do IBGE, todos os setores censitários possuem um identificador único, o que permite que cada setor possa ser espacializado de forma individual. Neste trabalho houve a necessidade de vincular cada domicílio ao setor censitário em que estava espacialmente inserido, de forma a permitir que algumas das análises posteriores pudessem ser feitas por setores. Como no cadastro original de hidrômetros não existia este relacionamento, foi necessário um procedimento típico de geoprocessamento que permitiu que cada domicílio herdasse o identificador do setor censitário. Isto foi possível devido à importação dos domicílios ter sido realizada criando-se, para cada par de coordenadas, um objeto na categoria “*domicilios_o*” e suas representações espaciais (que permite a análise topológica do tipo *dentro de*).

Por meio de cruzamento dos planos de informações cadastrais *Domicílios* e *Setores*, cada objeto da categoria “*domicilios_objetos*” (espacializado pelo PI *Domicílio*) que estivesse contido em um objeto da categoria “*setores_objetos*” (espacializado pelo PI *Setores*) teria o atributo *ID* herdado da categoria “*setores_objetos*” e adicionado o mesmo no atributo *REG* da categoria “*domicilios_objetos*”. O resultado desta operação foi a atualização da tabela de informações dos domicílios na categoria “*domicilios_objetos*” com os valores de *ID* que os relacionam com os setores censitários em que estão contidos.

4.5 Mapa de Distribuição de Renda

Os dados referentes à renda dos responsáveis por domicílio, disponibilizados pelo IBGE no Censo 2000, foram tratados de forma a representar a média para cada setor em termos de salários mínimos percebidos pelo responsável, já que os dados disponíveis pelo censo informam apenas o número de domicílios dentro de faixas de salários mínimos. Assim, foi realizada uma média da soma das multiplicações do número de domicílios pela média do intervalo em cada classe de salários mínimos, em termos de domicílios totais do setor, conforme a Equação 1 (Renda Média do Responsável).

$$RMR = \frac{\sum(NDC * MIC)}{TDS} \quad (1)$$

Onde:

RMR: Renda Média do Responsável;

NDC: Número de Domicílios da Classe;

MIC: Média do Intervalo da Classe;
TDS: Total de Domicílios do Setor.

Esses dados foram inseridos em uma tabela contendo o identificador de cada setor, posteriormente incorporada ao banco de dados geográfico por meio da categoria não espacial *Renda*. Esta tabela foi relacionada com a categoria “*setores_objetos*” por meio do identificador, o que permitiu a geração de um mapa temático de renda por setores usando uma operação de geoprocessamento do tipo agrupamento, sendo o resultado desta operação armazenado no PI *RMR* da categoria temática *Renda Responsável*. Este mapa, sobreposto aos planos de informação *Zonas de Tráfego* e *Domicílios*, permite que os técnicos de planejamento de transportes verifiquem a homogeneidade ou não dos dados em termos de distribuição de renda. A Figura 3 mostra o mapa de renda sobre o qual se sobrepôs a camada contendo as zonas de tráfego.

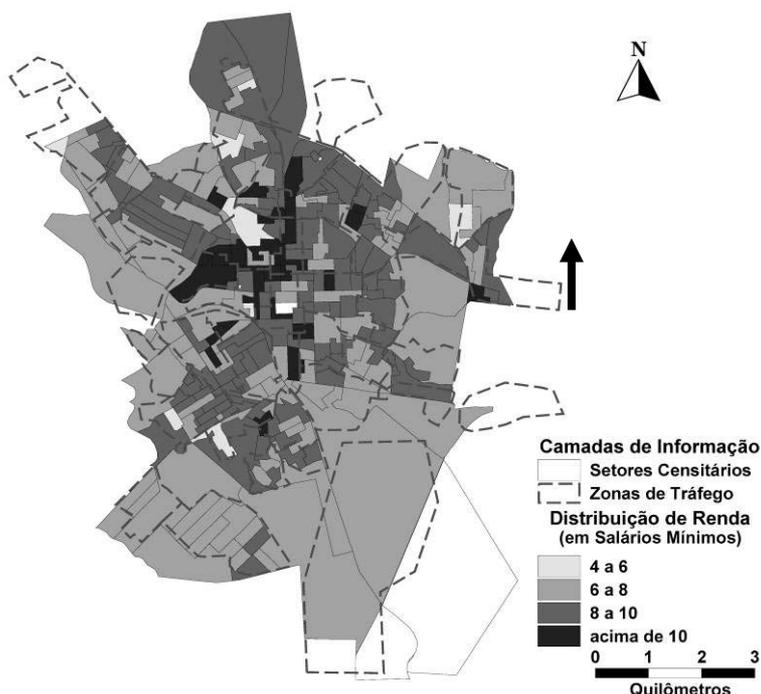


Fig. 3 Mapa de renda média por setor censitário e zonas de tráfego de São Carlos

4.6 Sorteio dos Domicílios (Amostragem)

De acordo com o censo 2000, o município de São Carlos totalizou naquele ano 192.998 pessoas. Segundo dados mais recentes, disponíveis em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat>, chegou a 212.956 o número de habitantes no ano de 2007. Levando-se em consideração a sugestão de Bruton (1985), o tamanho mínimo da amostra seria de 1 para cada 35 habitantes, enquanto que o ideal seria de 1 para cada 10 habitantes. Nesta pesquisa, adotou-se o valor de 6 % dos domicílios presentes no PI *Domicílios* (com área edificada diferente de zero ou nulo). Este número totaliza 3.652 domicílios, entretanto, como o sorteio se deu individualmente para cada setor censitário, devido aos arredondamentos, a amostra sorteada totalizou 3.776 domicílios. Isto representa um total aproximado de 6,2 % dos domicílios validados depois da verificação da base de dados. Estimando-se uma média de 3 pessoas por domicílio, pode-se esperar uma amostra superior a 11.000 habitantes entrevistados, perfazendo uma relação aproximada de 1 habitante entrevistado para cada 20 existentes, o que supera em muito o valor mínimo proposto por Bruton (1985).

Os planos de informação *Setores* e *Domicílios* foram exportados para o SIG *TransCAD*, uma vez que as ferramentas de seleção deste SIG são apropriadas as tarefas seguintes e possuem uma interface mais amigável ao operador, o que agiliza os procedimentos. Foram, então, realizadas consultas no *TransCAD* agrupando domicílios por setores censitários, de forma a gerar 245 substratos (seleções) contendo os domicílios, um para cada setor censitário. Estes dados foram exportados para uma planilha eletrônica, onde se criou uma coluna específica para o sorteio da amostra. Nesta coluna, utilizou-se uma função de geração de números aleatórios disponível na planilha eletrônica para gerar números entre 1 e 100. Posteriormente, os dados foram ordenados de forma crescente levando-se em consideração o número aleatório gerado. Foram em seguida selecionados todos os registros menores ou iguais ao valor 6 (seis). Finalmente, acrescentou-se uma nova coluna à planilha contendo valores um ou zero, indicando se os registros pertenciam ou não à amostra.

Com auxílio da função de tabela dinâmica da planilha eletrônica executou-se uma verificação da amostra para cada setor censitário, identificando-se o número de domicílios sorteados e comparando-o com valor de 6 %, como mostrado na Tabela 1. Verifica-se assim a necessidade de eliminar ou adicionar domicílios à amostra de cada setor, para assegurar uma distribuição homogênea dos domicílios selecionados para a pesquisa. Os registros eliminados ou adicionados são escolhidos levando-se sempre em consideração os números aleatórios gerados pela planilha eletrônica, em ordem crescente, o que garante o mesmo critério de aleatoriedade em todas as alterações na amostra. Esta operação foi executada individualmente para cada uma das 245 seleções, totalizando 6 % de domicílios amostrados na cidade e garantindo 6 % de domicílios amostrados em cada setor censitário.

Tabela 1 Recorte para 5 setores da tabela dinâmica da planilha eletrônica

Linha	Setor	1	2	3	4	...	245	Soma
1	Amostras Sorteadas	18	6	7	8	...	8	3693
2	Domicílios do Setor	178	168	84	122	...	173	60861
3	6 %	10,68	10,08	5,04	7,32	...	10,38	3651,66
4	Inteiro Superior	11	11	6	8	...	11	3776
5	Linha 4 - Linha 1	-7	5	-1	0	...	3	83
6	Linha 4 - Linha 3	0,32	0,92	0,96	0,68	...	0,62	124,34

OBSERVAÇÕES DA TABELA 1:

A Linha 1 contém os valores contados de domicílios sorteados para amostra em cada setor.

A Linha 2 contém o total de domicílios em cada setor.

A Linha 3 contém o valor de 6 % dos domicílios do setor.

A Linha 4 contém o valor da linha 3 arredondado para o inteiro superior. Este é o número final de domicílios amostrados para cada setor.

A Linha 5 contém a diferença entre os domicílios sorteados (Linha 1) e o previsto de 6 % arredondado para o inteiro superior (Linha 4). Este número de domicílios teve que ser corrigido manualmente no *TransCAD*.

A Linha 6 contém as diferenças entre os valores das Linhas 4 e 3, ou seja, as diferenças resultantes dos arredondamentos..

A Linha 4 é portanto igual à soma das Linhas 1 e 5 e das Linhas 3 e 6.

Os domicílios sorteados geraram um novo plano de informação, contendo apenas estes registros, conforme apresentado na Figura 4(a). De forma análoga, da amostra de 6 % foram sorteados aleatoriamente domicílios que representassem 1 % do total de domicílios para a realização de pesquisa com Diários de Atividades, em um total de 629 domicílios, como está apresentado na Figura 4(b).

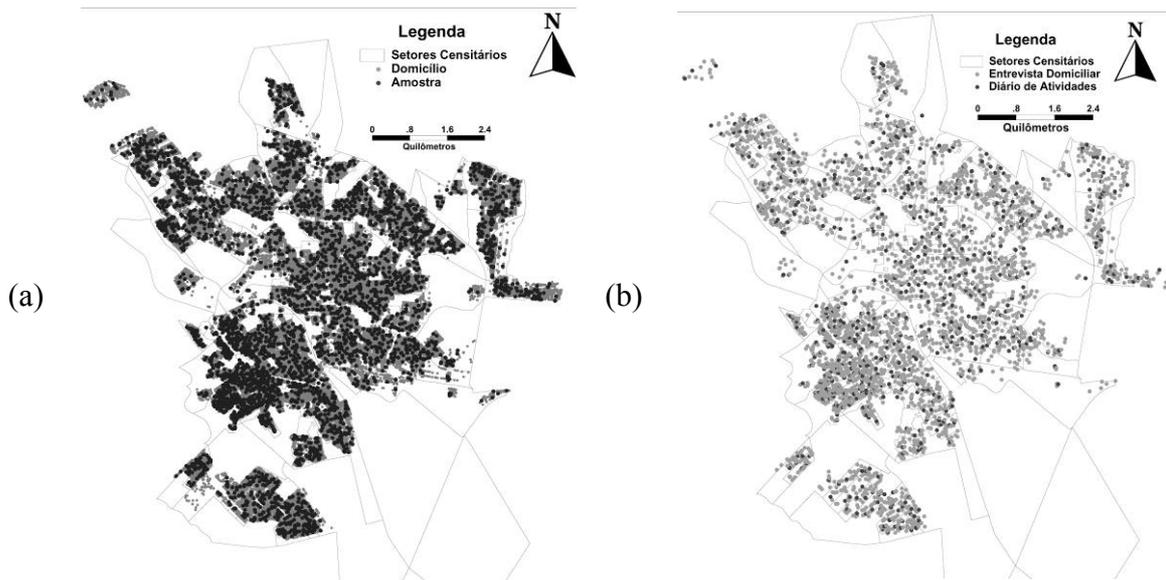


Fig.4 Domicílios sorteados para a amostra (a) e divisão da amostra em entrevistas domiciliares e diário de atividades (b)

4.7 Distribuição da Amostra por Setores

Com as ferramentas de SIG podem ser construídos mapas temáticos para representação e análise da amostragem por setor censitário e por zonas de tráfego, como mostrado na Figura 5 (a e b).



Fig. 5 Amostras por setores censitários (a) e por zonas de tráfego (b)

4.8 Pontos para Pesquisas Complementares

Para os levantamentos de *Cordon-line* e *Screen-line* foram selecionados pontos potencialmente interessantes para esses tipos de coleta de dados. Na pesquisa *Screen-line* foram marcados alguns pontos em vias principais da cidade e pontos de passagem sob a

ferrovia que corta a cidade. Para a pesquisa *Cordon-line* foram selecionados, com auxílio dos mapas e visitas em campo, os principais acessos rodoviários da cidade, conforme se pode observar na Figura 6.

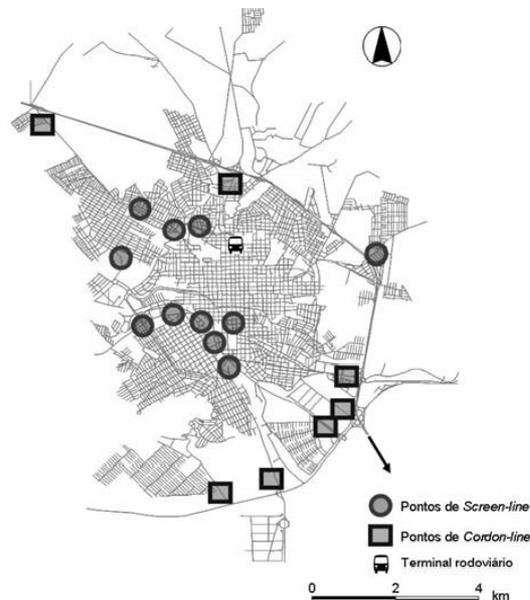


Fig. 6 Pontos para pesquisas complementares

4.9 Integração com o *Google Earth*

O *Google Earth* é uma poderosa ferramenta de visualização espacial, disponibilizando imagens de satélite e aéreas de várias regiões do globo. Para a cidade de São Carlos, está disponível uma imagem com alta resolução espacial, o que permite uma boa identificação das feições do terreno. Ainda que este sistema não disponibilize dados de coordenadas com uma boa precisão de localização, necessários aos trabalhos geodésicos, são adequados para auxiliar o entrevistador a achar o endereço e o domicílio a ser visitado para a entrevista, já que ele pode ter uma visão da disposição das quadras e lotes.

Encontra-se disponível gratuitamente na internet um *plug-in* para o software *TransCAD*, denominado TC2GE (<http://www.geocities.com/tc2ge/>), que exporta os dados do *TransCAD* para um formato que pode ser inserido no *Google Earth*. Assim, no caso da pesquisa OD, pode-se exportar uma seleção de domicílios correspondentes a um determinado entrevistador e introduzi-la no *Google Earth*, gerando um mapa contendo a imagem da área de visita associada aos domicílios a serem entrevistados. Na Figura 7 pode-se visualizar, a título de exemplo, um dos mapas confeccionados para auxílio aos entrevistadores.

5 CONCLUSÕES

A variabilidade do espaço geográfico na área de uma pesquisa OD exige um planejamento eficiente envolvendo diversas variáveis, sem o que se corre o risco de dispêndio de recursos sem resultados satisfatórios que representem o fluxo e características das viagens. A busca por informações e dados que auxiliem nesta tarefa é de fundamental importância; para isto, recorre-se a diferentes instituições, tais como: a Prefeitura Municipal, o IBGE e

outros órgãos detentores deste tipo de informação. Isto resulta, muitas vezes, em dados que não estão totalmente compatibilizados, como no caso do município de São Carlos, em que a base de domicílios disponibilizada pelo SAAE não tinha vinculação direta com os setores censitários do IBGE.

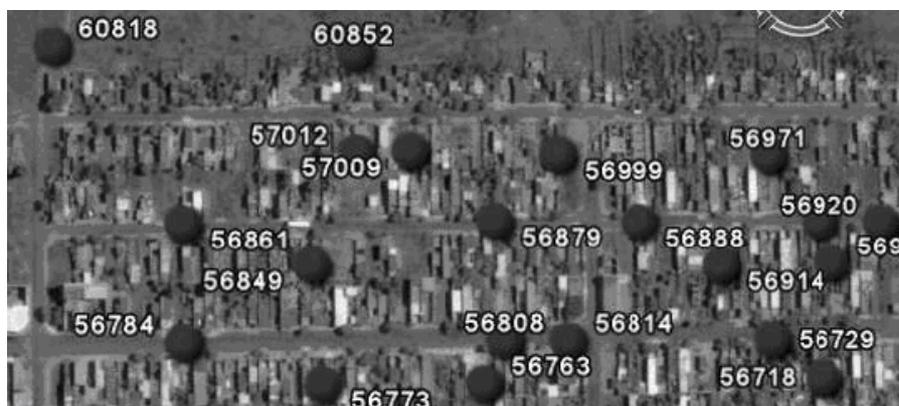


Fig. 7 Domicílios sorteados sobrepostos à imagem de satélite no *Google Earth*

Entretanto, ainda que não existam atributos nos diferentes bancos de dados que se relacionem entre si por meio de uma “chave”, é quase sempre possível vincular tais dados pela localização geográfica e por relacionamentos de topologia. Para isto, algumas ferramentas de geoprocessamento (SIG) possuem algoritmos próprios para realizar a sobreposição de camadas já vinculando seus atributos. Neste trabalho, optou-se pela utilização de dois SIGs, o *TransCAD*, que é essencialmente um SIG-T, e o *SPRING*. Ambos demonstraram ser capazes de auxiliar na tarefa proposta, com vantagens e desvantagens para ambos. O *SPRING* tem o atrativo de ser disponibilizado gratuitamente e ser muito bem documentado, inclusive em português, ao passo que o *TransCAD* possui funcionalidades que agilizam os procedimentos ao usuário não tão especializado.

Outro ponto muito importante do planejamento para a pesquisa OD é tentar facilitar ao máximo o trabalho do entrevistador. Nesse sentido, a integração dos dados para a pesquisa com imagens de alta resolução, fornecendo um mapa de localização ao entrevistador, ajuda-o na tarefa de identificação dos domicílios a serem visitados. O aplicativo *Google Earth*, utilizado neste trabalho, foi essencial para essa tarefa, já que existe hoje um *plug-in* que permite associá-lo aos dados do *TransCAD*.

Procurou-se detalhar os procedimentos para a seleção da amostra usando uma planilha eletrônica para o sorteio, em combinação com o SIG, para a separação dos substratos. Esta tarefa poderia ser extremamente trabalhosa não fossem as facilidades disponíveis na planilha eletrônica, o que exigiu que, após a sua utilização, tenha sido necessária a correção de apenas 83 domicílios, manualmente. Ao final, foi produzida uma amostra com 3.776 domicílios para a realização da pesquisa OD, que podem ser analisados sobre diferentes óticas, tais como: número amostrado por zonas de tráfego, por setores censitários e ainda segundo outras variáveis.

Assim, a partir do trabalho realizado e resultados obtidos, decorrentes da metodologia empregada, pode-se concluir que a utilização das técnicas e ferramentas de geoprocessamento não é apenas pertinente, mas necessária, para o minucioso trabalho de planejamento de uma pesquisa OD, principalmente por sua irrestrita vinculação com o

espaço geográfico. Mais detalhes do planejamento da pesquisa OD com ferramentas de geoprocessamento podem ser obtidos em Bielenki (2007).

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com financiamento da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e da Prefeitura Municipal de São Carlos, a quem os autores agradecem. Agradecem também ao Professor Carlos Alberto Faria, da Universidade Federal de Uberlândia, por suas valiosas sugestões e comentários durante o planejamento e execução da Pesquisa OD.

REFERÊNCIAS

Bielenki Jr., C. (2007) **O Uso de Geoprocessamento no Planejamento de Pesquisa Origem-Destino no Município de São Carlos**. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Núcleo de Geoprocessamento. Universidade Federal de São Carlos.

Bruton, M. J. (1985) **Introduction to Transportation Planning**. Hutchinson, Londres.

Caliper (2007) **TransCAD Transportation GIS Software: User's Guide**. Version 4.8 Academic License. Newton, Massachusetts.

Dhingra, S. L. e Shrivastava, P. (1999) Application of Advanced Techniques to Urban Transportation Mobility Planning. **Proceedings of the International Conference on Modeling and Management in Transportation**. Cracow University of Technology, Cracóvia - Polônia. v. I, p. 45-55.

Fletcher, D. R. (2000) Geographic Information Systems for Transportation: A Look Forward. *in* TRB STANDING COMMITTEES (2000) **Transportation in the New Millennium - State of the Art and Future Directions**. National Research Council, Washington D.C. (em CD-ROM).

INPE-DPI (1996) **SPRING: Manual do Usuário**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Processamento de Imagens, São José dos Campos. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>.

Melo, J. C. (1975) **Planejamento dos Transportes**. McGraw-Hill, São Paulo.

Raia Jr., A. A. (2000). **Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas**. São Carlos. 217p. Tese (Doutorado). EESC/USP, São Carlos.

Richardson, A.J., Ampt, E.S. e Meyburg, A.H. (1995) **Survey Methods for Transport Planning**, Eucalyptus Press, Parkville, Australia.

Silva, A. N. R. (1998). **Sistemas de Informações Geográficas para Planejamento de Transportes**. São Carlos. 217p. Tese (Livre-Docência). EESC/USP, São Carlos.

Thill, J.-C. (2000). Geographic Information Systems for Transportation in Perspective. *in* J.-C. Thill (ed.), **Geographic Information Systems in Transportation Research**. Pergamon, Oxford.