



Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais

ISSN: 1517-4115

revista@anpur.org.br

Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional

DE SABOYA, RENATO T.

ANÁLISES ESPACIAIS EM PLANEJAMENTO URBANO. NOVAS TENDÊNCIAS

Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, núm. 3, outubro, 2000, pp. 61-79

Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional

Recife, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513952493005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ANÁLISES ESPACIAIS EM PLANEJAMENTO URBANO

NOVAS TENDÊNCIAS

RENATO T. DE SABOYA

RESUMO *Este trabalho procura explorar as conseqüências, no processo de planejamento urbano, causadas pela convergência de duas ferramentas de análise espacial: Sistemas de Informações Geográficas e Modelos Urbanos. Como será demonstrado, os benefícios dessa convergência são muitos e extrapolam os limites da análise espacial, introduzindo uma tendência de reorganização do processo de planejamento como um todo. Como revisão, é apresentada uma breve visão geral do que são Sistemas de Informações Geográficas e Modelos Urbanos, assim como a identificação de suas principais limitações e das vantagens de uni-los em uma nova ferramenta.*

PALAVRAS-CHAVE *Sistemas de Informações Geográficas; Modelos Urbanos; Sistemas de Suporte ao Planejamento; Análises Espaciais.*

INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vêm-se tornando cada vez mais populares, despertando o interesse dos mais diversos setores da sociedade. Já os modelos urbanos, utilizados como ferramenta específica para o planejamento urbano, experimentaram fases diferentes, indo de um rápido crescimento e crença no seu potencial ao descrédito gerado por uma série de fatores que impediram a sua proliferação (Lee, D. 1973). Entretanto, diversos avanços foram feitos nesse campo, o que promoveu a superação de muitas das suas limitações e certa retomada do modelo (Batty, 1994; Wegener, 1994).

Conforme foi levantado por diversos autores provenientes das duas *correntes*, ambas parecem estar convergindo numa mesma direção no que concerne às respostas necessárias às problemáticas enfrentadas pelos planejadores urbanos (Batty, 1992; Harris & Batty, 1992; Sui, 1998; Wegener, 1998). Isso não acontece por acaso, como será demonstrado neste trabalho. Ao contrário, é surpreendente que ambas não se tenham desenvolvido juntas há mais tempo.

A proposta deste trabalho é, portanto, realizar um estudo exploratório do que vem sendo discutido, no sentido de unir as capacidades analíticas oferecidas pelos modelos às capacidades de visualização, manipulação de bancos de dados e análises sobre elementos espaciais oferecidas pelos SIGs, para a criação dos chamados Sistemas de Suporte ao Planejamento (PSS – sigla em inglês para *Planning Support Systems*). A partir disso, busca entender como essa nova ferramenta pode contribuir para o processo de planejamento como um todo, adotando o modelo racional e suas etapas como ponto de partida para a reflexão.

Para responder a essas questões, foi necessária uma breve revisão do que sejam modelos urbanos e SIGs, assim como das principais vantagens e limitações de cada um. Antes disso, faz uma revisão do papel das análises espaciais no processo de planejamento, com o objetivo de fornecer uma primeira contextualização do papel destas duas ferramentas. Finalmente, será apresentada uma análise mais ampla e aprofundada das contribuições trazidas pelos PSS ao Planejamento.

ANÁLISES ESPACIAIS EM PLANEJAMENTO URBANO

Existem diversas tentativas de definição do processo ideal de planejamento urbano (Lee, C. 1973; Cowen & Shirley, 1991; Calkins, 1991; Levy, 1997). Com maior ou menor grau de detalhamento, todas convergem, entretanto, para uma mesma estrutura básica de passos a serem percorridos no modelo racional de planejamento:

- Descrição do sistema;
- Definição do problema;
- Determinação dos objetivos;
- Definição de alternativas;
- Avaliação e seleção da melhor alternativa;
- Implementação;
- Monitoramento.

Nessa estrutura, o papel das análises espaciais é essencial em pelo menos três etapas:

- *Definição do problema* – as análises permitem compreender o sistema em estudo, e determinar as variáveis relevantes, bem como a natureza de suas inter-relações. Problemas existentes, assim como problemas futuros, podem ser detectados com base em critérios de avaliação.
- *Avaliação e seleção da melhor alternativa* – envolve a avaliação das alternativas levantadas, por meio da predição de estados futuros do sistema, baseando-se nas suas normativas. Inclui também as chamadas análises de impacto, do tipo “se x ocorrer, o que acontece com o sistema como um todo?”.
- *Monitoramento* – tem como objetivo avaliar o desenvolvimento do sistema, do estado atual ao estado desejável, para assegurar que a transição desejada ocorra adequadamente.

Grande parte da literatura existente aborda a necessidade da análise espacial no processo de planejamento sob o ponto de vista de duas ferramentas principais: *sistemas de informações geográficas* (Harris, 1989; Calkins, 1991; Webster, 1993; Webster, 1994), e *modelos urbanos* (Lee, C. 1973; Wilson, 1972; Wilson, 1974).

Como veremos, entretanto, ambas as ferramentas estão ainda distanciadas de uma efetiva utilização na prática do Planejamento, por motivos que serão descritos mais adiante. Por isso, grande parte da literatura mais recente trata o tópico da análise espacial em Planejamento Urbano enfocando a união das duas ferramentas (Batty, 1992; Harris & Batty, 1992; Heikilla, 1998; Sui, 1998; Wegener, 1998) e culminando com a criação de uma terceira ferramenta denominada *Sistemas de Suporte ao Planejamento (PSS)*. Os dois tópicos seguintes realizam uma revisão conceitual dessas duas ferramentas, levantando as limitações de cada uma em relação à sua utilização em planejamento urbano.

MODELOS URBANOS

REVISÃO CONCEITUAL

O estudo de uma realidade introduz a necessidade de representá-la e manipulá-la de alguma maneira. Segundo Marcial Echenique (1976, p.17), “toda representação é um modelo, e o objetivo deste é prover um quadro simplificado e inteligível da realidade, com o objetivo de compreendê-la melhor”. Colin Lee (1973, p. 7) define modelos da seguinte forma: “Em essência, um modelo é uma representação da realidade. É normalmente uma declaração simplificada e genérica do que parecem ser as características mais importantes de uma situação concreta”.

Dessa forma, a complexidade da realidade é reduzida a níveis aceitáveis de simplificação, com o intuito de conseguir realizar procedimentos de análise sem perda na validade dos resultados.

Chadwick (1966, apud Lee, C. 1973, p. 1) define com clareza o uso de modelos em planejamento: “Através da criação de um sistema conceitual independente, mas correspondente, ao sistema real, podemos buscar entender os fenômenos de mudança, e então antecipá-los e, finalmente, avaliá-los – preocupar-nos com a otimização do sistema real através da busca da otimização do sistema conceitual”.

Existem diversos tipos de modelos, que variam em função da sua finalidade, do modo como se comportam em relação à variável tempo, e da natureza dos seus componentes (Echenique, 1976). Neste estudo, estamos trabalhando com um tipo bastante específico de modelo, chamado, a partir deste ponto, apenas de “modelos urbanos”, definidos por Wegener (1994, p.18) como “modelos matemáticos implementados em computador e projetados para analisar e prever o desenvolvimento de sistemas urbanos”.

Os modelos urbanos, na história do seu desenvolvimento, podem ser classificados em duas grandes categorias: modelos microeconômicos e modelos de interação espacial (Barra, 1979; Echenique, 1976; Bertuglia & Wilson, 1987).

Os modelos microeconômicos tiveram início com von Thünen, em 1826, cujo modelo tratava basicamente da localização dos produtores agrícolas ao redor de um centro urbano (Echenique, 1976). Os agricultores vendiam seus produtos no mercado (considerado único no sistema) e todas as outras variáveis permaneciam iguais para todos os agentes. Dessa forma, a localização dependia apenas do custo do transporte das mercadorias, que era uma função linear a partir do centro consumidor, em todas as direções.

Weber (1909, apud Barra, 1979) analisou o problema da localização de indústrias, levando em consideração a localização das matérias-primas e dos mercados consumidores. Como no modelo de von Thünen, a oferta e a demanda por terra são consideradas iguais, levando o sistema a um estado de equilíbrio.

Em 1964, Alonso propôs um modelo no qual a localização das atividades depende do preço da terra, do custo de transporte e da renda dos indivíduos. Seguindo tal lógica, cada indivíduo levaria em consideração as vantagens oferecidas pelos custos de viagem impostos por uma determinada localização e os benefícios (de natureza econômica) oferecidos por ela. Nesse sentido, atividades comerciais estariam dispostas a pagar mais pelas melhores localizações (Echenique, 1976).

Esse tipo de abordagem sofreu diversas críticas. A mais significativa é o fato de que o sistema real nunca atinge o equilíbrio, devido a imperfeições no processo. O mercado

não funciona de forma perfeita – visto que os indivíduos não têm conhecimento de todas as alternativas ao tomarem suas decisões – e, além disso, abriga elementos monopolísticos.

Paralelamente, a partir da década de 60, desenvolveu-se um outro tipo de abordagem, conhecida como Teoria da Interação Espacial. Ela não trata o espaço de uma forma contínua, como as teorias microeconômicas, mas de forma discreta (Bertuglia & Wilson, 1987). Assim, o espaço é constituído por unidades individualizáveis, que comportam quantidades finitas de emprego, população, etc. As relações entre essas unidades são tratadas fundamentalmente como fluxos, reais (fluxos de pessoas, mercadorias, etc.) ou abstratos (dependências, oportunidades, tensões, etc.) (Barra, 1979).

A Teoria de Interação Espacial derivou, inicialmente, dos modelos gravitacionais da Física. Aplicada à estrutura urbana, a interação espacial argumenta que a capacidade de geração de fluxos entre duas unidades espaciais é diretamente proporcional à capacidade total de geração de fluxos de interação de cada uma delas, e inversamente proporcional à distância que as separa. Assim, uma equação geral para esse tipo de modelo é (Wilson, 1974):

$$T_{ij} = \alpha O_i D_j f(c_{ij})$$

Onde:

- T_{ij} é a interação existente entre a zona i e a zona j ;
- O_i é a quantidade total de fluxos saindo da zona i ;
- D_j é a quantidade total de fluxos entrando na zona j ;
- $f(c_{ij})$ é uma função do custo de deslocamento entre i e j ;
- α é uma constante de proporcionalidade.

O modelo de Lowry, *A Model of Metropolis*, de 1964, é considerado a *pedra fundamental* e o ponto de partida dessa nova abordagem. A partir dele foram desenvolvidos diversos outros modelos, influenciados direta ou indiretamente por seus postulados.

Esse tipo de teoria não considerava de forma explícita as questões econômicas, tais como preço da terra, renda dos indivíduos, etc. Seus modelos surgiram a partir de um embasamento teórico fraco, que foi evoluindo com o tempo em função de testes sucessivos sobre dados da realidade. Os resultados desses testes serviam como ajustes à teoria ou mesmo como *insights* para novas formas de entender o fenômeno urbano. Assim, paulatinamente, foram introduzidas inovações nesses modelos. Entre elas, as mais significativas foram as tentativas de afastá-los do determinismo e da racionalidade perfeita, como a maximização de entropia (Wilson, 1967 *apud* Bertuglia, 1987), e a *random utility* (Domenich e McFadden, 1975 *apud* Wegener, 1994).

Atualmente, existem pelo menos vinte grandes centros de pesquisa no mundo dedicados ao estudo e à aplicação de modelos urbanos. Ao realizar uma análise do Estado da Arte nesse campo, Wegener (1994) criou um “modelo” de modelos, composto por oito sub-sistemas classificados segundo a velocidade de suas mudanças:

- a) Mudanças lentas – redes urbanas e uso da terra;
- b) Mudanças médias – lugares de trabalho e residências;
- c) Mudanças rápidas – emprego e população;
- d) Mudanças imediatas – transporte de mercadorias e viagens.

Os modelos atuais procuram unir esses submodelos dentro de uma estrutura única. Todos eles tratam o espaço como um conjunto de subáreas discretas, ou seja, são *descendentes* dos modelos de interação espacial.

Atualmente existe outro grupo de modelos, denominados *modelos configuracionais*, que enfatizam a importância das características do traçado no sistema urbano. Dois exem-

plos são o modelo da Sintaxe Espacial (Hillier & Hanson, 1984) e o de Centralidade (Krafta, 1994).

LIMITAÇÕES DOS MODELOS

A estrutura de representação dos elementos espaciais dos modelos urbanos pode ser considerada arcaica (Wegener, 1998). Em essência, neles o espaço é representado por um conjunto de zonas discretas, sendo que essas, por sua vez, são representadas por registros (linhas) em uma tabela, enquanto seus atributos são armazenados nos campos (colunas) que compõem a tabela. Dessa maneira, cada zona é tratada de forma homogênea, sendo que seus componentes se distribuem de forma igualitária dentro dela.

As conexões entre as zonas são representadas por custos de viagem ou de tempo e as interações espaciais por meio dos limites entre as zonas adjacentes não são representadas (Wegener, 1998).

Os dados utilizados como *inputs* nesses modelos são excessivamente específicos, uma vez que o modelo descritivo neles embutido obedece a uma lógica própria, guiada pelas necessidades impostas pelas teorias que lhe dão origem. A construção e a formatação desses dados, portanto, é trabalhosa e sujeita a erros.

Os *outputs* dos modelos freqüentemente necessitam de alguma forma de visualização, uma vez que as ferramentas estatísticas nem sempre são suficientes. Nesse sentido, Batty (1992) defende a visualização não apenas como uma forma de absorver as informações de um modo mais fácil, mas como uma forma de possibilitar a detecção de padrões e, com isso, gerar novos *insights* sobre os processos do mundo real. Tal capacidade de visualizar os resultados numéricos em sua distribuição espacial não é contemplada de forma satisfatória pelos modelos.

Outra limitação, citada por diversos autores (Lee, D. 1973; Batty, 1992; Sui, 1998), é o fato de que os procedimentos de análise e mesmo a teoria por trás das operações matemáticas são invisíveis a quem opera os modelos. Apenas as pessoas que os desenvolveram conseguem usá-los e entender os procedimentos de análise. No processo, os dados são inseridos no modelo, passam por operações invisíveis ao operador e então saem já modificados.

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIGs)

REVISÃO CONCEITUAL

Existem inúmeras definições para o que seja um Sistema de Informações Geográficas. Isso se deve ao amplo espectro de utilizações abarcado por esse tipo de sistema, o que acaba gerando diversos enfoques (Maguire, 1991).

O SIG, da maneira como vem sendo encarado neste estudo, pode ser definido como um sistema implementado em computador, que tem como função adquirir, armazenar, manipular, analisar e visualizar dados do mundo real de três naturezas (Burrough, 1988): a) *dados geográficos*, isto é, aqueles definidos espacialmente e representados habitualmente por mapas, b) suas características, ou *atributos*, normalmente compostos por valores alfanuméricos armazenados em forma de tabelas; e c) as relações espaciais entre os elementos, chamadas *relações topológicas*. A possibilidade de vincular dados de natureza di-

versa é uma das principais características dos SIGs que os diferenciam de outros tipos de sistemas de informações (Figura 1).

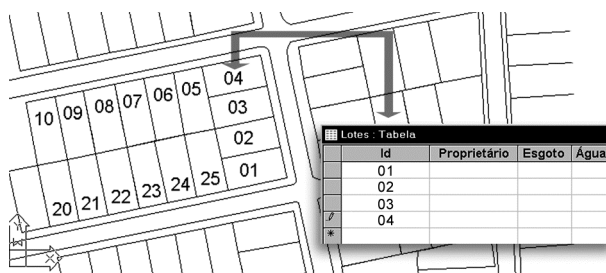


Figura 1 – Vinculação dos elementos espaciais às tabelas de dados alfanuméricos em um SIG

Existem dois tipos de estruturas de dados espaciais em sistemas de informações geográficas: estrutura *raster* e estrutura *vector*. Ambas baseiam as formas de representação dos objetos espaciais em três elementos — ponto, linha e polígono —, mas condicionam maneiras diferentes de realizar a vinculação entre dados espaciais e não-espaciais.

A estrutura *raster* é composta por uma matriz de pontos (ou células) com dimensões constantes, cada ponto representando uma porção quadrada de área. Sua localização é determinada pelas coordenadas geográficas do centróide da célula. Dessa forma, cada ponto é definido por dois valores, representando as coordenadas x e y, e mais um terceiro, que representa um atributo não-espacial associado àquela localização no espaço. Exemplos de atributos não-espaciais que podem ser representados numa matriz de pontos são a altitude ou declividade de um relevo, o tipo de solo ou vegetação de um sítio, a quantidade de chuvas em um determinado período de tempo, por exemplo. A estrutura *raster* é a mais indicada para representar elementos de variação contínua no espaço.

A estrutura *vector* baseia-se em pares de coordenadas, que se combinam para compor as três formas de representação citadas acima. Assim, um par de coordenadas define um ponto. Uma cadeia de pares de coordenadas define uma linha. E uma cadeia de pares de coordenadas em que o primeiro e o último são coincidentes define um polígono. Nesse caso, a vinculação aos atributos acontece por meio de um identificador (*Id*) atribuído a cada elemento vetorial correspondente ao campo-chave de uma tabela de atributos que contém outros campos. Portanto, cada registro de uma tabela, contendo um identificador único em um campo-chave, corresponde àquele elemento, ou elementos espaciais que possuem o mesmo *Id*. A estrutura *vector* é a mais indicada para lidar com elementos *discretos*, assim como nos casos em que são necessárias análises refinadas de topologia de redes. A Figura 2 ilustra os dois tipos de estruturas de dados.

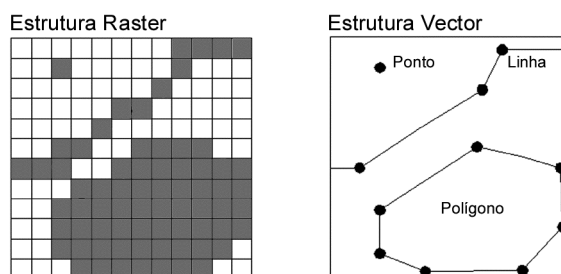


Figura 2 – Estruturas raster e vector de dados espaciais em um SIG

Os procedimentos realizados pelos SIGs podem ser classificados, segundo Maguire e Dangermond (1991), em:

a) Captura, importação, validação e edição

Envolve as etapas necessárias à alimentação do sistema com dados digitais precisos e confiáveis. Os dados podem ser adquiridos através da importação de dados em outros formatos, ou podem ser confeccionados especificamente para introdução no sistema, através de técnicas de aquisição como sensoramento remoto ou digitalização manual. Depois disso, os dados precisam ser analisados, e eventuais incoerências e imperfeições devem ser corrigidas.

b) Armazenamento e estruturação

Envolve o armazenamento dos dados de forma estruturada, de modo a possibilitar e facilitar a realização de análises. A forma como os dados são estruturados é crucial para o sistema, pois dela depende os tipos de análises que poderão ser realizadas.

c) Reestruturação, generalização e transformação

A reestruturação envolve a transformação das estruturas dos dados, muitas vezes de vector para raster e vice-versa. A generalização refere-se aos processos de suavização de contornos e agregação de dados, para mudanças nas escalas de análise. Transformação envolve translação, rotação e escalonamento de dados geográficos, assim como transformações lineares e não-lineares em atributos alfanuméricos.

d) Consulta e análise

Envolve as operações de: 1) Recuperação – operações básicas de seleção de informações baseadas em critérios espaciais ou não-espaciais; 2) Sobreposições – funcionam a partir da sobreposição vertical de layers de informações, com o intuito de realizar operações entre eles. É realizada de forma mais eficiente pelos SIG baseados em estrutura raster, o que possibilita operações aritméticas e booleanas entre os valores das células posicionadas na mesma coordenada e pertencentes a layers diferentes; 3) Vizinhança – avalia as características da área ao redor de uma localização específica; e 4) Conectividade – envolve principalmente análises de rede e, em menor grau, análises em três dimensões. A utilização mais comum das análises de redes é o cálculo do caminho mínimo, que pode levar em consideração não apenas as condições de conectividade entre as linhas ou suas dimensões, mas também os atributos associados a elas contidos em tabelas alfanuméricas, tais como velocidade do trecho, capacidade de fluxo, etc.

e) Apresentação

Consiste na apresentação dos resultados, seja em forma de mapas, gráficos, resumos ou relatórios estatísticos, tabelas ou listas.

LIMITAÇÕES DOS SIGs

A disseminação dos SIGs por diversos setores da sociedade e para as mais variadas finalidades, juntamente com a ênfase dada à sua capacidade inovadora de armazenamento, manipulação e visualização de dados espaciais e seus respectivos atributos, têm elevado os SIGs à categoria de grande ferramenta capaz de resolver a maioria dos problemas de planejamento. No entanto, isso tem mascarado algumas limitações que reduzem a aplicabilidade de semelhante tipo de sistema em problemas de planejamento urbano.

Segundo Wegener (1998), o SIG ainda não está completamente difundido pelos departamentos de planejamento e, mesmo onde ele está implementado, seu uso se restringe basicamente a atividades de mapeamento. Esse argumento é defendido também por

outros autores, entre eles Batty (1992), Harris & Batty (1992) e Sui (1998). Huxhold (1991 *apud* Harris & Batty, 1992) afirma, ainda, que o SIG é utilizado apenas como uma ferramenta eficiente no armazenamento e visualização de dados espaciais.

Isso acontece porque as capacidades analíticas embutidas nos sistemas comerciais de informações geográficas são genéricas e não se baseiam na lógica específica de funcionamento do sistema adotado como objeto de estudo (Harris & Batty, 1992). Assim, relações existentes no fenômeno urbano que não possam ser representadas por meio de análises de *buffer*, cálculo de distâncias, interseções, etc., não são facilmente realizadas pelos SIGs.

Um exemplo é apresentado por Geertman & van Eck (1995): por intermédio do SIG é possível calcular o caminho mínimo entre dois pontos sobre uma rede de caminhos. Entretanto, não é possível medir a acessibilidade. Isso mostra a diferença existente entre as possibilidades de análise oferecidas pelo SIG, orientadas à manipulação de dados espaciais e a relações diretas entre eles, e o modo como tais relações realmente acontecem. O grau de complexidade existente no mundo real é muito maior do que as relações de continuidade, contigüidade e sobreposição oferecidas pelo SIG e, necessariamente, precisam de uma interpretação teórica e de longas seqüências de análises para subsidiar avaliações de alternativas.

É importante ressaltar que as críticas feitas por esses autores não se referem ao SIG enquanto ferramenta e, sim, especificamente aos sistemas efetivamente implementados quando confrontados com as necessidades impostas pelo processo de planejamento urbano. Isso inclui as estruturas de dados adotadas por esses sistemas, ou seja, os elementos do mundo real que estão sendo representados e seus relacionamentos, o que condiciona os tipos de análises possíveis.

Nesse sentido, os SIGs mostram-se inaptos ao trabalho com dados relativos a predições (Harris & Batty, 1992), o que seria extremamente útil para o planejamento. Por conseguinte, análise de impactos imediatos pode ser realizada, mas as conseqüências desses impactos nas outras variáveis do sistema, ao longo do tempo, não são facilmente avaliadas. Para que isso fosse possível, os SIGs deveriam estar vinculados, de alguma forma, a modelos preditivos urbanos (Wegener, 1994). Esse é o tema dos dois itens seguintes, que buscam dizer quais as vantagens dessa vinculação e como ela pode ser feita.

MODELOS URBANOS E SIGS – VANTAGENS DE UMA POSSÍVEL UNIÃO

Conclui-se do que foi exposto até aqui que muitas das limitações de um são exatamente os pontos fortes do outro, o que explica o grande interesse existente na década de 90 em unir essas duas ferramentas. Esse interesse é ainda reforçado pelo fato de que até hoje nenhuma delas conseguiu modificar o processo de planejamento de forma tão incisiva quanto se esperava.

Já em 1990, Yeh e Batty defendiam a importância dessa tarefa: "De fato, um dos maiores pontos a serem pesquisados em SIG é o desenvolvimento de interfaces para outros métodos estabelecidos e/ou o desenvolvimento de funcionalidade adicional dentro do SIG." (Yeh & Batty, 1990, p. 371). Wegener (1998, p. 49) chama a atenção para a capacidade de personalização de seqüências de análises por meio das linguagens embutidas (macros) nos softwares, e acrescenta: "Entretanto, provavelmente a inovação com maio-

res conseqüências é que o SIG pode ser vinculado a modelos analíticos ou preditivos projetados pelo usuário, e este pode ser o impacto mais importante do SIG no planejamento no futuro”.

Analisando o que foi discutido até este ponto, os modelos urbanos podem ser considerados mais úteis ao planejamento do que o SIG, da forma como ambos vêm sendo utilizados atualmente (Harris & Batty, 1992). Isso acontece porque, apesar da estrutura espacial arcaica apresentada pelos modelos, seu funcionamento baseia-se na lógica específica do sistema estudado e é fortemente direcionado para a análise. Tendo como base desse pressuposto e tomando os modelos como ponto de partida, as vantagens da união de ambos os elementos, descritas a seguir, partem de uma possível incorporação das capacidades do SIG aos modelos urbanos.

APROVEITAMENTO DE DADOS EXISTENTES EM FORMATOS DIVERSOS

Um dos grandes problemas na construção de análises urbanas é a base de dados necessária. Isso é verdade tanto para os modelos urbanos quanto para os SIGs (Batty, 1992). Esses últimos, entretanto, oferecem maior facilidade de aquisição e manipulação de dados provenientes de fontes diversas, em formatos diferentes.

A disseminação dos SIGs, ainda que em grande medida destinada apenas à confecção de mapas, apresenta ao menos uma grande vantagem: os dados adquiridos e confeccionados por setores diversos do planejamento podem ser intercambiados mediante esse tipo de sistema de informações, o que tende a se tornar ainda mais fácil, com a intenção atualmente existente de que seja criado um padrão de dados geográficos a ser adotado por todos os softwares (Heikkila, 1998), eliminando a necessidade de conversão de formatos de arquivos, sempre problemática.

Harris (1989) argumenta que o próprio mapa da cidade já é uma base de dados. Assim, a partir do momento que os modelos incorporarem a possibilidade de aproveitar dados geográficos já existentes, através das facilidades oferecidas pelo módulo de gerenciamento de bancos de dados do SIG, eles expandem sua capacidade de se valer de dados já produzidos, reduzindo a duplicação de esforços.

GERAÇÃO DE DADOS DE ENTRADA A PARTIR DE DADOS BRUTOS

A capacidade de manipulação de dados espaciais, oferecida pelo SIG, apresenta uma possibilidade especialmente promissora aos modelos. As relações topológicas entre elementos espaciais podem ser utilizadas como forma de gerar novos *inputs* para as análises, até então impossíveis ou inviáveis (Cowen & Shirley, 1991). Portanto, além de tornar possível obter dados espaciais provenientes de outras fontes, o SIG permite transformar esses dados em dados numéricos a serem inseridos nos modelos. Usando as capacidades de manipulação de dados espaciais dos SIGs, é possível converter ou reformatar informações puramente descritivas (como as contidas em cadastros municipais), de modo que sejam utilizadas em modelos explanatórios, preditivos e prescritivos (comentados mais adiante).

Na verdade, isso tem outra conseqüência importante: os modelos podem ter seu funcionamento interno melhorado, uma vez que o espaço será mais bem representado, e incorporar relações, tais como: proximidade, coincidência e contigüidade (Geertman & van Eck, 1995).

Outra potencialidade é utilizar os recursos de interpolação e *overlay* presentes nos SIGs para gerar, por exemplo, dados sobre a declividade ou elevação média de zonas (Geertman & van Eck, 1995). Tal tipo de informação é extremamente difícil de ser obtida ou gerada com os modelos urbanos tradicionais.

DESAGREGAÇÃO DOS DADOS

Wegener (1998) defende a idéia de que é necessária uma reformulação do modo como os modelos se organizam, baseada numa visão “microscópica” da realidade. Segundo ele, é cada vez maior a necessidade de representações contínuas do espaço, em contraposição à representação discreta, principalmente em função da incorporação de variáveis ambientais. Nesses tipos de análises, são utilizadas variáveis, tais como: dispersão aérea, propagação de ruídos e fluxos hidrológicos. O que importa, portanto, não são apenas as características dos elementos espaciais mas também suas características configuracionais relativas à localização, com um nível apurado de detalhe. A estrutura *raster* de armazenamento de dados espaciais presta-se bem a esse tipo de análise.

O SIG especializa-se em desagregação, enquanto a maioria dos outros processos se especializa em agregação (Harris & Batty, 1992). Isso pode ser útil nos casos em que a informação está disponível de forma desagregada, mas precisa ser agregada para servir como *input* a um modelo. Além dos atributos alfanuméricos, também características espaciais, como a distribuição de um certo elemento geográfico, podem ser usadas como critério para a agregação. Por meio do cadastro de imóveis, por exemplo, é possível agregar por zonas as atividades comerciais, habitacionais, etc., atribuindo a cada uma delas a quantidade de cada tipo de atividade num modelo gravitacional, como o descrito no item sobre modelos urbanos. Isso pode ser realizado de forma automática, e o que é mais importante: com precisão e facilidade de atualizações periódicas. Nesse caso, os dois itens anteriores se somam a esse último, visto que dados em outros formatos são agregados segundo critérios espaciais (portanto, fora da capacidade dos sistemas tradicionais de informações) para gerar variáveis de entrada para as análises.

INTERATIVIDADE NO PROCESSO

Douglas Lee (1973, p.167), em seu *Requiem for Large-Scale Models*, critica o funcionamento dos modelos, segundo ele uma *caixa preta*, onde “o que entra e o que sai são perfeitamente conhecidos, mas o processo pelo qual um [o input] é transformado no outro [o resultado] é um mistério”. Acontecendo dessa forma, o poder de persuasão junto aos tomadores de decisão fica prejudicado, uma vez que eles tendem a resistir a idéias que vão contra sua intuição. Além disso, a própria credibilidade do modelo entre os demais setores do planejamento se enfraquece, à medida que seus mecanismos e postulados teóricos não ficam claros.

Nesse sentido, Harris (1989) e Sui (1998) defendem a utilização do SIG como uma forma de tornar os modelos mais *amigáveis* ao usuário, de forma a comunicar os resultados das operações para um grupo maior de pessoas. Batty (1992) trata esse assunto de forma mais aprofundada. Segundo ele, os computadores estão evoluindo, no que diz respeito às suas interações com o usuário, na direção de interfaces gráficas. Assim, essas interfaces podem atuar como mediadoras dos contatos do usuário com os dados, sejam es-

ses em forma de números, textos ou gráficos, o que pode aumentar o entendimento do funcionamento do modelo por meio de diagramas e animações gráficas.

O argumento de Batty parece estar se concretizando, à medida que podemos perceber que diversos *softwares* avançaram a interface gráfica, não apenas nas suas atividades corriqueiras mas também com a criação de pequenos módulos chamados de assistentes (ou *wizards*), destinados a guiar o usuário de forma intuitiva em algumas operações-chave. No caso específico de softwares de SIG, por exemplo, existem pacotes contendo *wizards* que auxiliam passo a passo a criação de mapas temáticos e a construção de consultas aos bancos de dados. Caso isso seja alcançado também para operações analíticas mais complexas e refinadas, um passo importante pode ser dado em direção a uma penetração maior dos modelos urbanos na prática do planejamento.

VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados dos modelos urbanos seguem a estrutura de representação espacial adotada por eles, ou seja, tabelas contendo valores numéricos referentes às unidades espaciais adotadas. Caso desejemos confeccionar mapas a partir desses valores, eles precisam ser submetidos a um processo de classificação, atribuindo cores ou símbolos a valores ou faixas de valores, e realizados manualmente (ainda que com a ajuda do computador, os elementos teriam que ser coloridos um a um). Com a ajuda de um SIG, tal processo torna-se quase imediato. A geração de mapas temáticos simples é uma tarefa corriqueira nesse tipo de sistema.

No entanto, o potencial do SIG na visualização dos resultados das análises vai muito além, porque podemos detectar informações implícitas nos valores, cuja depuração por processos manuais seria extremamente difícil ou mesmo impossível. Esse processo é chamado de *análise exploratória de dados* e compreende a busca de padrões reconhecíveis e relações ainda não identificadas entre as variáveis.

A capacidade de manipulação de dados espaciais também pode ser usada para concentrar a atenção apenas nos atributos essenciais de uma determinada análise. Podemos apenas visualizar os índices de crescimento das zonas que obedecerem a alguma espécie de condicionante espacial, como distância de cursos d'água, por exemplo.

Além disso, os SIGs oferecem outros recursos na visualização, além da classificação por cores. Podem ser usados *pie-charts*, representações do tipo *dot-density*, símbolos criados pelo usuário com tamanhos proporcionais aos atributos numéricos, etc.

Segundo Harris (1989, p.86), “muitos planejadores são visualmente orientados, e as informações mais úteis envolvem distribuição espacial e suas inter-relações de contigüidade, coincidência e proximidade de diferentes atividades, eventos e condições”. O atendimento a essa necessidade talvez seja um dos principais benefícios da união entre SIG e modelos urbanos. Segundo Webster (1994), entretanto, ela por si só não é suficiente para valer o esforço de conferir ao SIG as capacidades analíticas dos modelos, uma vez que os dados obtidos como resultado podem ser inseridos nos SIGs posteriormente, por meio da conversão de arquivos e georreferenciados aos elementos espaciais, possibilitando assim a visualização. Apenas nos casos em que a visualização dos estados intermediários é necessária, a integração com o SIG, sob o ponto de vista único da visualização, seria algo vantajoso.

FORMAS DE UNIR MODELOS URBANOS E SIG

A união entre modelos urbanos e SIG pode ser alcançada de várias maneiras (Figura 3). As mais comuns são chamadas de *vinculação fraca* e *vinculação forte* (Batty, 1992; Geertman & van Eck, 1995; Sui, 1998). Mas existem também a *incorporação do SIG dentro do modelo* e a *incorporação do modelo dentro do SIG* (Sui, 1998). Essas últimas depositam o esforço de produção da união nos fabricantes de *softwares*, enquanto as primeiras depositam o esforço nos usuários. A seguir, uma breve descrição dos tipos de união e das vantagens e desvantagens de cada uma.

A *vinculação fraca* consiste em realizar a união entre modelos urbanos e SIG mediante a conversão de arquivos, evitando grandes esforços em programação e gerando apenas a necessidade de possibilitar ao modelo exportar seus arquivos em um dos formatos de intercâmbio dos pacotes comerciais de SIG. Nesse caso, o SIG é utilizado para armazenar e manipular dados e para gerar novos dados de entrada para os modelos. Esses dados são exportados para um arquivo que possa ser lido pelo modelo, onde então serão manipulados de acordo com a sua lógica interna. Posteriormente, os resultados obtidos serão novamente exportados e lidos no SIG, que se encarregará de mostrá-los.

Semelhante método apresenta sérias deficiências, caso seja necessário realizar diversas análises com diferentes dados de entrada. Além disso, o processo de conversão de arquivos pode ser tedioso e muito sujeito a erros (Geertman & van Eck, 1995). Uma integração mais forte poderia ser alcançada se o modelo lesse diretamente os arquivos internos de dados do SIG, o que depende da existência de uma documentação detalhada da estrutura de armazenamento dos formatos “proprietários”.

Outra desvantagem desse tipo de união é a perda do caráter interativo das análises convencionais em SIG. No entanto, pela simplicidade do processo, talvez seja essa a maneira mais realista de alcançar tal união (Sui, 1998).

A *vinculação forte* utiliza técnicas de programação para conferir aos SIGs capacidades analíticas avançadas. A programação pode ser feita via “macros”, que são conjuntos de procedimentos escritos numa linguagem própria embutida no SIG, ou por meio de programação externa, via API (*Application Programming Interface*).

Nesse caso, a vinculação é invisível ao usuário, uma vez que a interface para todas as operações é única. As interface é personalizada a fim de oferecer comandos que acessam rotinas criadas para realizar as operações analíticas dos modelos. Essas rotinas tanto podem estar dentro do arquivo, armazenadas como macros, quanto em arquivos separados, funcionando como módulos que são carregados apenas quando necessário.

Essa é, a princípio, a forma “ótima” de vinculação entre modelos e SIG. Ela depende, entretanto, de uma boa interface entre o usuário e as estruturas de dados utilizadas (Sui, 1998). O acesso aos dados espaciais e o preparo da análise devem ser cuidadosamente pensados, não apenas na sua lógica de funcionamento mas também na relação com o usuário.

A *incorporação do SIG dentro do modelo* consiste em conferir aos modelos algumas das capacidades dos SIGs, principalmente aquelas relacionadas com a visualização de dados em forma de mapas (Sui, 1998). Como vantagem, existe o fato de as operações não precisarem considerar as estruturas de dados dos pacotes de SIG já existentes, possibilitando a criação de modelos potentes que incorporam os últimos avanços teóricos nessa área. Entretanto, as capacidades de visualização e de manipulação de banco de dados não se comparam às oferecidas pelos pacotes comerciais de SIG, e os esforços em pro-

gramação tendem a ser redundantes (Sui, 1998), pois é preciso recriar procedimentos largamente utilizados pelos SIGs em aplicações normalmente bastante especializadas.

A *incorporação do modelo dentro do SIG* é similar à vinculação forte, com a diferença de que, aqui, a união é produzida desde o começo. Existem alguns exemplos já bastante difundidos desse tipo de união, como o TRANSCAD. Apesar de tirar proveito de toda a funcionalidade do SIG, as técnicas de modelagem são geralmente simplistas e a calibração deve ser realizada fora do *software*.

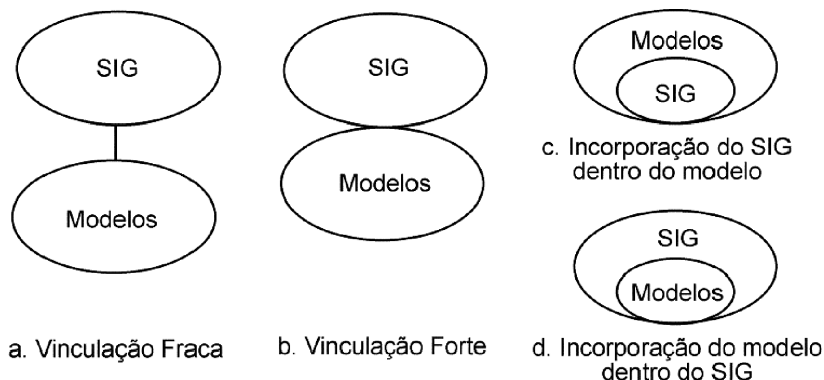


Figura 3 – Integrando SIG e modelagem urbana: práticas atuais (adaptado de Sui, 1998)

O PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Os Sistemas de Suporte ao Planejamento (PSS) têm o potencial de reorganizar o processo de planejamento, introduzindo possibilidades antes não imaginadas, não apenas no tocante à realização de análises espaciais mas também no fornecimento de toda uma infra-estrutura e de um ambiente de apoio às análises, que tendem a torná-las mais eficientes. Essas possibilidades serão exploradas a seguir. Para isso, adotamos a divisão em etapas do processo de planejamento apresentada no item *Análises espaciais em planejamento urbano*. Antes, porém, é necessária uma definição dos tipos de informação demandados pelo processo de planejamento a serem fornecidas pelos procedimentos de análise espacial.

AS NECESSIDADES DE INFORMAÇÃO

As necessidades de informação relacionadas com o planejamento são classificadas, segundo Webster (1993), em três procedimentos: *descrição*, *predição* e *prescrição*. Nyerges (1991) acrescenta ainda a *explicação*.

A *descrição* envolve o mapeamento das condições urbanas e a comparação com as condições mínimas ou ideais de qualidade. A diferença entre os dois estados do sistema pode ser usada para criar um terceiro mapa, mostrando as áreas que mais se afastam do ideal (*difference maps*). Os pontos onde a diferença entre demanda e oferta for maior terão, a princípio, prioridade na implantação de nova infra-estrutura.

A *explicação* visa entender os mecanismos que regem o comportamento das variáveis que compõem o sistema, buscando deduzir relações de causa e efeito. Representa um passo adiante quanto à descrição. Pode não ser suficiente, por exemplo, determinar o nú-

mero de paradas de ônibus em uma determinada zona. O ideal seria avaliar o quanto essas paradas efetivamente oferecem em termos de facilidade de acesso a outras partes da cidade. Isso só é conseguido mediante uma reflexão mais apurada sobre o conceito de acessibilidade, a influência da localização dos pontos de ônibus na sua avaliação, e assim por diante.

A *predição* é um dos procedimentos mais úteis no processo de planejamento, uma vez que está diretamente ligada tanto à análise de problemas quanto à concepção do plano e à avaliação das alternativas. Ela funciona com base nas interações entre as variáveis compreendidas pelo(s) modelo(s) e nas mudanças ao longo do tempo em cada uma delas.

Na análise dos problemas, conforme foi comentado anteriormente, é necessário realizar normalmente previsões sobre as diferenças entre demanda e oferta de infra-estrutura no futuro. Isso é importante, porque possibilita que sejam tomadas providências no sentido de direcionar o desenvolvimento para suprir as deficiências que surgirão, caso nenhuma ação seja tomada.

A *prescrição* envolve a utilização de métodos de otimização das equações que compõem o modelo, de modo a definir os parâmetros necessários para alcançar um determinado conjunto de objetivos especificados.

Em essência, a otimização funciona mediante a atribuição de pesos aos diversos fatores modelados e a definição de objetivos a serem alcançados. Tendo esses elementos, a partir dos condicionantes, o modelo busca a melhor ou as melhores configurações possíveis das variáveis (dentro de limites estabelecidos) para que os objetivos sejam alcançados (Batty, 1992). Isso é possível por meio do sistema de equações que define o modelo.

OS PSSs NAS ETAPAS DE PLANEJAMENTO

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O processo de planejamento tem início com a delimitação do sistema de interesse e a eleição das variáveis consideradas relevantes. Isso remete, necessariamente, à aquisição dos dados que devem ser usados para alimentar o(s) modelo(s) de análise. Nesse ponto, a contribuição dos PSSs vai bem além de suas capacidades analíticas.

Os avanços nas técnicas computacionais de armazenamento de dados e compartilhamento de informações introduziram a possibilidade de manter bases de dados independentes, mas interligadas. Isso significa que os técnicos dos diversos setores do planejamento têm a possibilidade de dispor, a qualquer momento e sem burocracia, de dados provenientes de outros setores, via redes computacionais. Com isso, não apenas a disponibilidade de dados aumenta mas também a possibilidade de escolha de variáveis a serem introduzidas nos sistemas a serem modelados, o que permite modelos urbanos mais abrangentes e complexos, com informações sempre atualizadas provenientes dos modelos descritivos, ou mesmo explanatórios, confeccionados em outros setores.

O setor de planejamento de transportes, por exemplo, para construir seu modelo de alocação de tráfego, necessita de informações referentes à localização de residência e trabalho, contidas de forma desagregada nos cadastros tributários do órgão municipal. Mediante operações de agregação (espacial ou não espacial, dependendo da unidade adotada pelo modelo de análise e da estrutura de dados adotada pelo cadastro), essas informações podem ser reformatadas para servirem como *input*, de forma precisa, confiável e facilmente atualizável.

As questões técnicas para esse tipo de problema já estão plenamente desenvolvidas, incluindo os mecanismos que gerenciam o acesso dos diferentes usuários aos dados, estabelecendo graus de diferenciação hierárquica.

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Esta etapa compreende a descrição e a explanação do sistema, definidas no item *O processo de planejamento* de forma conjunta. Assim, indicadores de diferença entre o estado atual do sistema e o estado ideal podem ser alcançados para valores absolutos de variáveis (quantidade de emprego ou de infra-estrutura de saneamento presentes em uma determinada zona, por exemplo), ou para medições obtidas por meio de modelos explanatórios (centralidade, acessibilidade, etc.), comparadas aos valores ideais.

Da mesma forma, problemas futuros podem ser detectados, incorporando-se o uso de modelos preditivos. Esses podem ser modelos estáticos, nos quais são introduzidas externalidades (causadas normalmente por variáveis sob controle, pelo menos parcial, do planejador), ou modelos dinâmicos, que simulam estados sucessivos do sistema em intervalos de tempo, com a alteração de variáveis determinadas endogenamente.

As análises espaciais contidas nessa etapa também se beneficiam das inovações citadas no item *Modelos urbanos e SIGs – vantagens de uma possível união*, já que o produto daquela etapa é a “matéria-prima” dessa. Além disso, mais duas vantagens são obtidas com a utilização desse novo tipo de ferramenta: a interatividade no processo de análise e a visualização dos resultados intermediários e finais, que podem servir como *feedbacks* em *loops* internos dentro do processo.

DETERMINAÇÃO DOS OBJETIVOS

É uma das etapas mais complicadas no processo de planejamento, visto que os objetivos dos diversos componentes da sociedade, em relação aos resultados do planejamento, muitas vezes são conflituosos e até contraditórios. Entretanto, a capacidade de transformar dados quantitativos em informação visual pode contribuir para alimentar e dar suporte a discussões em que, necessariamente, a participação popular deve ser estimulada. Assim, caminha-se em direção a tomadas de decisão baseadas em um conhecimento mais apurado das condições do sistema e portanto, ao menos teoricamente, mais qualificadas.

Adicionalmente, a possibilidade de publicação de dados espaciais pela Internet, por meio dos *Map Servers*, pode contribuir para uma maior democratização das informações, pela maior facilidade de acesso. Entretanto, esse é um ponto mais complexo do que pode parecer à primeira vista, e um aprofundamento da questão foge ao escopo deste trabalho.

DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS

Esta etapa pode ser realizada por dois meios: o meio tradicional, que envolve o profundo entendimento do sistema e a concepção de alternativas, e os modelos prescritivos.

O processo de concepção de alternativas é o menos definido dos problemas pelos quais o planejador deve passar. O que sabemos é que, quanto mais informado estiver e quanto maior for o entendimento do sistema, maiores serão as chances de o planejador obter sucesso. Daí a importância da explanação. Segundo Portugali (1996), é cada vez maior a importância da experiência no enfrentamento dos problemas urbanos. Desse modo, a manipulação de modelos explanatórios e preditivos pode ser considerada uma

forma de obter uma espécie de “experiência artificial” sobre o funcionamento dos sistemas urbanos.

Pode-se recorrer, alternativamente, a métodos de otimização presentes em modelos prescritivos. Entretanto, eles são bastante complexos e de difícil concepção e implementação.

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA

Na fase de teste de alternativas, as previsões são utilizadas para testar cenários futuros com base em condições hipotéticas, de forma a avaliar como mudanças em cada uma das variáveis envolvidas nas análises influenciam o desenvolvimento, a performance e as propriedades de equilíbrio do sistema (Harris & Batty, 1992), especialmente aquelas que constituem um plano de desenvolvimento, num processo semelhante ao utilizado para detectar problemas futuros. Assim, as consequências das diversas políticas urbanas e índices de regulamentação podem ser simulados, com vista a otimizar sua eficiência.

IMPLEMENTAÇÃO

O processo de implementação dos planos pode ser beneficiado pela definição de etapas mais urgentes a serem cumpridas, em função da gravidade dos problemas existentes ou previstos.

Tais informações podem tornar-se disponíveis às populações diretamente afetadas, aumentando-lhes a consciência e o comprometimento com os planos.

MONITORAMENTO

Tendo os sistemas descritivos como base fundamental de dados o sistema (como a base cadastral, por exemplo), o monitoramento dos estados do sistema pode ser realizado periodicamente, com o intuito de averiguar se as transformações ocorridas estão seguindo o rumo desejado.

Isso serve como feedback para o processo de planejamento, que deve estar constantemente revendo suas definições, como forma de se adaptar às mudanças imprevisíveis — e inevitáveis — das condições do sistema, o que equivale à forma como se define o rumo em um navio. O leme aponta na direção correta, mas fatores externos como os ventos e as marés inevitavelmente acabam influenciando-a. Caso a direção do navio e a posição relativa do destino não sejam constantemente revisadas durante a jornada, e a direção do leme apropriadamente redefinida, é muito difícil que ele consiga alcançar seu objetivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A efetiva utilização de uma ferramenta que una as capacidades oferecidas pelos SIGs ao refinamento das análises oferecidas pelos modelos deverá otimizar as etapas do planejamento. Nesse sentido, um ponto muito importante na concepção de um PSS é a escolha dos dados utilizados pelos modelos. É importante que os esforços “manuais” na confecção dos dados brutos sejam mínimos. Esses devem ser gerados, tanto quanto possível, pelas capacidades de manipulação de dados dos SIGs. Para isso, os PSSs devem valer-se exclusivamente de dados usuais e necessários a outras aplicações. Desse modo, reduz-se a necessidade de geração de dados exclusivos para utilização nos modelos, e aumenta-se a probabilidade de que sejam aceitos e utilizados de um modo mais intenso.

Um exemplo é o cálculo de custo de viagem, ou impedância, entre duas zonas. Normalmente, ele é realizado de modo manual ou por meio de medições diretas. Com o SIG, utilizando dados relativos à rede de transportes provenientes do Setor de Transportes (tais como sentido das vias, velocidade média dos trechos, presença de infra-estrutura de transporte coletivo, etc.), é possível calcular automaticamente esses valores, com o uso de algoritmos de caminho mínimo. A base cadastral da prefeitura também é uma fonte valiosa de informações sobre o uso do solo, com a vantagem de ser periodicamente revista e atualizada para as atividades relativas à cobrança de impostos.

Isso ilustra o benefício – e a necessidade – do intercâmbio de informações entre setores. Sua implementação, apesar de complicada e sujeita a impedimentos de natureza diversa, tem muito a contribuir para uma maior integração entre eles. Faz-se necessária, portanto, uma intensa e cuidadosa reestruturação das interações entre os setores e do papel de cada um em relação às informações sob sua responsabilidade. Como já foi mencionado, os meios técnicos para se alcançar esse estágio já existem. A situação atual, entretanto, apesar de todos os estudos e pesquisas sobre a necessidade de integração, está ainda muito longe de ser ideal.

Outro grande benefício advindo da adoção dos PSSs no planejamento é a possibilidade de avanços no componente teórico dos modelos. Esses deverão sofrer modificações em sua estrutura interna, de modo a incorporar a forma de representação espacial mais refinada oferecida pelos SIGs. Assim, é possível construir novas teorias para explicar ou prever o desenvolvimento do fenômeno urbano, calcadas em novas formas mais ricas e mais complexas de representá-lo. Em outras palavras, a capacidade de manipulação e representação de dados espaciais permite aos PSSs *operacionalizarem* novas teorias sobre a cidade. Além disso, a maior possibilidade de escolha de variáveis também contribui para a criação de modelos mais abrangentes e complexos.

Como último ponto, é importante ressaltar que os PSSs não são autônomos em relação aos indivíduos que os utilizam. Mesmo na fase de prescrição, por meio da otimização, ela estará condicionada por objetivos definidos pelos usuários e, portanto, sujeita a ideologias e julgamentos subjetivos. Os PSSs, como o próprio nome indica, são sistemas de *suporte* ao planejamento e não devem, em hipótese alguma, ser utilizados como ferramenta única. Segundo Portugal (1996), quanto mais um sistema se torna aberto e complexo, maior é a importância da experiência e do entendimento. E isso, ao menos até agora, é privilégio dos seres humanos.

Renato T. de Saboya, arquiteto, é mestrando do Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
E-mail: rtsaboya@ig.com.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRA, Tomas de la. "Integrating micro-economic models with spatial interaction theory". In Steadman (ed.) *Transactions of the Martin Centre for Architectural and Urban Studies*, University of Cambridge – 1ª e 3ª partes, 1979.
- BATTY, M. "Urban modeling in computer-graphic and geographic information system environments". *Environment and Planning B*, vol. 19, p.663-668, 1992.
- BERTUGLIA, C.S. & WILSON A.G. *Urban Systems*. London: Croom Helm – 1º e 2º capítulos, 1987.
- BURROUGH, P. A. *Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment*. Oxford: Claredon Press, 1988.

- CHADWICK, G. F. "A systems view of planning". *Journal of the Town Planning Institute*, May. 1966.
- COWEN, D.J., SHIRLEY, W.L. "Integrated planning information systems". MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.F. & RHIND, D.W. *Geographical information systems – principles and applications*. London: Longmans, 1991.
- DOMENCICH, T. McFADDEN, D. *Urban travel demand: a behavioral analysis*. Amsterdam/Oxford: North Holland Publishing Company, 1975.
- ECHENIQUE, M. *Modelos matemáticos de la estructura urbana*. BsAs, SIAP, 1º capítulo, 1976.
- GEERTMAN, S., VAN ECK, J. "GIS and models of accessibility potential: an application in planning". *International Journal of Geographical Information Systems*, vol.9, n.1, p.67-80, 1995.
- HARRIS, B. "Beyond geographical information systems – computers and the planning professional". *Journal of the American Planning Association*, n. 55, vol.1, p.85-90, 1989.
- HARRIS, B., BATTY, M. *Locational models, geographic information, and planning support systems*. Technical Paper 92-1, National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) – State University of New York at Buffalo, 1992
- HEIKKILA, E. *GIS is dead; long live GIS!*. *Journal of the American Planning Association*, vol. 64, No 3, p.350-360, 1998.
- HILLIER, B., HANSON, J. *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- HUXHOLD, W. E. *An introduction to urban Geographic Information Systems*. New York: Oxford University Press, 1991.
- KRAFTA, R. "Modelling intraurban configurational development". *Environment & Planning B*, vol. 21, p.67-82, 1994.
- LEE, Colin *Models in planning – an introduction to the use of quantitative models in planning*. Oxford: Pergamon Pres, 1973.
- LEE, D. B. "Requiem for large-scale models". *Journal of the American Institute of Planners*, vol.39, 163-17, 1973.
- MAGUIRE, D.J. "An overview and definition of GIS". In MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.F. & RHIND, D.W. (ed.) *Geographical information systems – principles and applications*. London: Longmans, p.9 – 20, 1991.
- MAGUIRE, D.J., DANGERMOND, J. "The functionality of GIS". In MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M.F. & RHIND, D.W. (Ed.) *Geographical information systems – principles and applications*. London: Longmans, p.319 – 335, 1991.
- NYERGES, T. L. "Geographic information abstractions: conceptual clarity for geographic modelling". *Environment & Planning A*, vol. 23, p. 1483-1499, 1991.
- PORTUGALI, J. "Notions concerning the nature of world urbanization". In: D. Diamond & B.H. Massam (Ed.) *Contemporary perspectives on urbanization, Progress in Planning*, vol. 46, 1996.
- SUI, D. GIS-based urban modelling: practices, problems and prospects. *International Journal of Geographical Information Science*, vol.12, n.7, p. 651-671, 1998.
- WEBER "Über den standort der industrien". Tübingen. Versão em inglês com introdução e notas de C. J. Friedrich (1929), *Alfred Weber's theory of the location of industries*. University of Chicago Press, 1909.
- WEBSTER, C.J. "GIS and the scientific inputs to urban planning". Part 1: description. *Environment and Planning B*, vol. 20, p.709-728, 1993.

- WEBSTER, C.J. "GIS and the scientific inputs to planning". Part 2: prediction and prescription. *Environment and Planning B*, vol. 21, p.145-157, 1994.
- WEGENER, M. "Operational urban models – state of the art". *Journal of the American Planning Association*, vol.60, n.1, p.17-29, 1994.
- WEGENER, M. "GIS and spatial planning". *Environment and Planning B*, Anniversary Issue, 1998, p.48-52, 1998.
- WILSON, A. G. "A statistical theory of spatial distribution models". *Transportation research*, vol.1, p. 253-269, 1967.
- WILSON, A. G. "Models in Urban Planning: a synoptic review of recent literature". In WILSON, A. G. *Papers in urban and regional analysis*. London: Pion, 1972.
- WILSON, A. G. *Urban & regional models in geography & planning*. London: John Wiley & Sons, 1974.
- YEH, A. G. O. & BATTY, M. "Guest editorial – Applications of geographic information systems in urban and regional planning", *Environment & Planning B*, vol.17(4), p.369-374, 1990.

ABSTRACT *This paper endeavours to explore the consequences for the urban planning process of the convergence of two spatial analysis tools: Geographical Information Systems and Urban Models. As will be shown, the benefits of this convergence are numerous, going beyond the boundaries of spatial analysis and introducing a new trend of reorganisation into the planning process as a whole. A brief overview of Geographical Information Systems and Urban Models is presented, in addition to the identification of their main limitations and the advantages of unifying them in a new tool.*

KEYWORDS *Geographical Information Systems; urban models; Planning Support Systems; spatial analysis.*