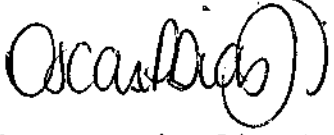
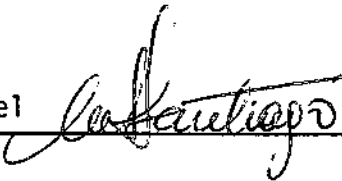
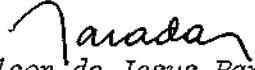


1. Publicação nº <i>INPE-2370-PRE/099</i>	2. Versão	3. Data <i>Abri1, 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSE/DES</i>	Programa <i>URBES</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>MODELO URBANO ESTRUTURA URBANA SIMULAÇÃO</i>			
7. C.D.U.: <i>711.4</i>			
8. Título <i>MODELAGEM DA ESTRUTURA ESPACIAL URBANA PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO</i>		10. Páginas: <i>18</i>	
		11. Última página: <i>13</i>	
9. Autoria <i>Damaceno Dal Bianco Odwaldo Bueno Netto Jr. Maria Suelena Santiago Barros</i>		12. Revisada por  <i>Oscar Pereira Dias Jr.</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada Diretor</i>	
14. Resumo/Notas <p><i>Apresenta-se um modelo para a projeção da estrutura espacial urbana de cidades que possuem características físicas e sócio-econômico-culturais de países em desenvolvimento. Utilizam-se dados de sensoriamento remoto para a estratificação do espaço urbano em zonas de ocupação homogênea. Num primeiro segmento, busca-se responder à questão de localização, sob incerteza, dos domicílios, utilizando-se como variáveis de decisão a renda, o padrão de habitação e o nível de urbanização da vizinhança. Num segundo segmento, pretende-se responder à questão de localização das atividades de comércio e serviço, considerando-se sua acessibilidade pela população residente. As indústrias são localizadas exogenamente, segundo regulamentação do uso do solo. O modelo apresentado foi aplicado a São José dos Campos, SP.</i></p>			
15. Observações			

ABSTRACT

A model for planning the spatial structure of urban areas which have the physical, socio-economic and cultural characteristics of cities in developing countries is presented. Remote sensing data are used to stratify the urban spaces in zones of homogeneous occupation. The first segment of the model addresses the question of locating households under uncertainty, using as decision variables, household income, building standards and urbanization level of the neighbourhood. The second segment addresses the question of locating services and commercial activities, considering their accessibility by the resident population. Industries are located exogenously under urban use regulations. The model was applied to São José dos Campos, SP.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES RESIDENCIAIS</u>	4
2.1 - Submodelo de oferta de localização residencial	6
2.2 - Submodelo de demanda de localização residencial	7
3. <u>LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES NÃO-RESIDENCIAIS</u>	8
3.1 - Localização dos estabelecimentos de comércio e serviços ...	8
3.2 - Localização dos estabelecimentos industriais	10
4. <u>MECÂNICA DOS MODELOS</u>	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1. INTRODUÇÃO

O planejamento urbano, em seus primeiros enfoques, ocupava-se apenas com projetos de arquitetura e de engenharia civil. Nos dias atuais, envolvendo considerações sobre o bem-estar do elemento humano e sobre condições sócio-econômicas, políticas e físicas, o planejamento urbano procura coordenar o funcionamento e desenvolvimento de comunidades urbanas.

Neste enfoque abrangente, o objeto do planejamento urbano, cidade, é visto como um sistema complexo. O uso de modelos, que expressem por meio de equações matemáticas as relações entre os elementos deste sistema, vem adquirindo respeito crescente, à medida que os resultados têm se mostrado coerentes com a realidade observada.

Os modelos formulados no exterior trazem implícitos certos pressupostos a respeito da estrutura espacial urbana, cuja validade está baseada na realidade sócio-econômica dos países industrializados, para os quais foram criados, e nos processos que eles buscam reproduzir. Daí a inviabilidade de transposição desses modelos, elaborados num contexto diverso, para aplicação a áreas urbanas de países em desenvolvimento.

Algumas características dos países em desenvolvimento, que são marcantes ao se analisar os modelos oriundos de países desenvolvidos, são a baixa renda "per capita", a distribuição irregular e deficiente das infra-estruturas urbanas, aliadas às altas taxas de crescimento demográfico.

Fatores importantes a considerar na modelagem da estrutura espacial urbana de cidades brasileiras são a mecanização de dados cadastrais e o desenvolvimento de novas aplicações de sensoriamento remoto, que permitem uma análise sistêmica dos fenômenos urbanos. Dentre estas aplicações, o conceito de Zonas Homogêneas (ZH), desenvolvido no projeto URBS (Manso e Barros, 1975), foi amplamente usado neste trabalho. A divisão de áreas residenciais urbanas em ZH constitui-se num critério objetivo para a setorização, e adequado aos propósitos do planejamento

jamento urbano, além de reduzir a dispersão espacial dos valores das variáveis sócio-econômicas da população.

Segundo Manso et alii (1979), através da análise do tecido urbano poder-se-á identificar espaços físicos homogêneos (de mesma textura), aos quais denominam-se Zonas Homogêneas e correspondem a agrupamentos humanos coerentes sócio culturalmente.

Com o emprego da metodologia de setorização urbana que utiliza Zonas Homogêneas, elaborou-se um método para projeção da estrutura espacial urbana que levasse em conta características de cidades brasileiras de médio porte. Para a simulação dos modelos usou-se a técnica de Monte Carlo.

Dois segmentos constituem a formulação sistêmica do processo de desenvolvimento urbano. Num primeiro segmento, busca-se responder à questão de localização, sob incerteza, dos domicílios, utilizando-se como variáveis de decisão a renda, o padrão de habitação e o nível de urbanização da vizinhança (Barros et alii, 1981).

Num segundo segmento, busca-se responder à questão de localização das atividades de comércio e de serviços, considerando-se a acessibilidade e o mercado potencial gerado pela população residente.

A projeção da população e da renda são feitas exogenamente, assim como a localização das indústrias.

Esta metodologia foi aplicada a São José dos Campos, SP, como uma das partes constituintes do método para o planejamento de redes telefônicas de grande porte (Dal Bianco; Netto Jr., 1980), sendo teoricamente viável sua aplicação para uma variada gama de infra-estrutura e serviços urbanos.

A seguir, apresenta-se um modelo para a projeção da estrutura espacial urbana (Figura 1) e descreve-se cada um dos segmentos que compõem a metodologia proposta.

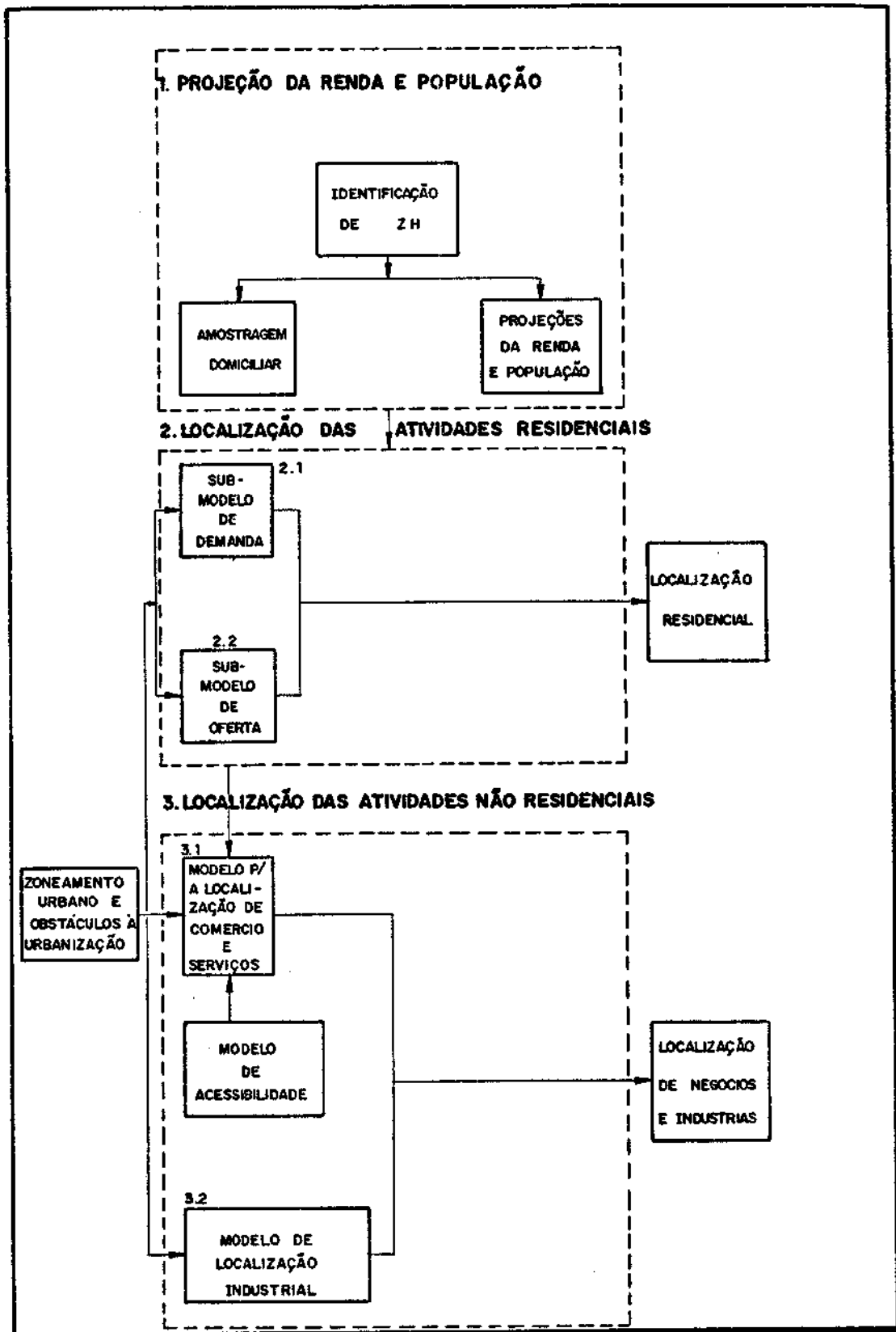


Fig. 1 - Fluxo do modelo de planejamento da estrutura espacial urbana.

2. LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES RESIDENCIAIS

Inicialmente, apresentam-se conceitos básicos para a fundamentação do modelo de localização residencial.

Define-se como Unidade Familiar (UF) o conjunto de pessoas que vivem em uma residência, possuindo uma determinada renda familiar (Y); como padrão de habitação (H) define-se os atributos físicos do domicílio, e como nível de urbanização (L), os atributos físicos-sociais da vizinhança da UF na ZH.

A UF é visualizada como um entidade decisora única, cuja função de utilidade, U , é representada por $U = U(X, H, L)$, onde X é o conjunto de bens não residenciais.

A UF está sujeita à restrição orçamentária da forma:

$$Y - \theta X - CH - B(L, Y) = 0,$$

onde θ é o preço do bem composto X , C é o custo da construção e B , o custo de localização.

Considerando-se o custo do lote agregado ao custo da localização, desenvolvendo-se a maximização da função de utilidade da UF, definida sobre os atributos dos bens e não sobre os bens, e restringindo-se sua amplitude para uma zona homogênea j , tem-se para uma UF:

$$\underset{X, H}{\text{MAX}} \quad U = U(X, H, L_j) \quad j = 1, \dots, J \quad (2.1)$$

Esta equação está sujeita à restrição orçamentária modificada:

$$Y - \theta X - CH - R_j = 0, \quad (2.2)$$

onde R_j é o custo associado à localização da ZH_j e que corresponde aos custos de transporte e diferencial de preço do lote.

A função de utilidade (Equação 2.1) é decomposta em utilidade de atributos residenciais e não-residenciais. Entretanto, dentro de uma mesma cidade, os preços dos bens não-residenciais (carro, alimentos, serviços, etc.) não variam de uma ZH para outra, de modo correlacionado com sua localização. Este pressuposto implica que as elasticidades cruzadas entre os atributos residenciais e não-residenciais, são iguais a zero, ou praticamente zero, e a função de utilidade da UF pode ser escrita da seguinte forma:

$$U = V(L_j, H) + W(X), \quad (2.3)$$

onde U e W são, respectivamente, as funções de utilidade dos atributos residenciais e não-residenciais.

Para ser possível a comparação da utilidade entre as diversas ZH, é conveniente expressar a utilidade de cada zona em termos de qualidade urbana, como já era feito, e de mais um termo correspondente à diferença entre os custos de transportes e o diferencial de preço do lote, existentes na ZH "j", e aqueles que a UF teria se escolhesse a ZH "b".

Deste modo, tem-se:

$$U = V(L_j, H) + W(X_b) + K(R_b - R_j); \quad K = \text{cte.} \quad (2.4)$$

A UF escolherá a ZH "g" se:

$$V(L_g, H) - V(L_j, H) - K(R_g - R_j) \geq 0 \quad \forall H \text{ e } j = 1, \dots, J \quad (2.5)$$

e se as restrições de renda familiar, expressas pela Equação 2.2, forem satisfeitas. Desta forma, a UF irá localizar-se na ZH que maximiza sua satisfação, com a locação racional para sua renda. A este comportamento

representativo, adiciona-se um componente aleatório que descreve as idiosincrasias da UF individualizada, para melhor adequação à realidade urbana, ou seja:

$$U = F(L_j, H) + \epsilon, \quad (2.6)$$

onde F indica o comportamento representativo definido na Equação 2.4, e ϵ é o componente aleatório.

Obtém-se a Equação 2.6 de forma satisfatória por uma amostragem da população em estudo, caracterizando uma função de probabilidades de demanda de localização, a qual estará condicionada à oferta de áreas para esta localização.

Deste modo, desenvolvem-se dois modelos, um para a oferta e outro para a demanda, os quais irão interagir, ocorrendo o equilíbrio pela saturação progressiva das áreas próprias à urbanização, até esgotarem-se todas as UF a serem localizadas. A cada interação, o modelo de oferta determina a densidade domiciliar máxima para cada ZH.

A simulação deste processo de escolha de localização é realizada em dois níveis de decisão, sendo estes hierarquisados em níveis múltiplos.

2.1 - SUBMODELO DE OFERTA DE LOCALIZAÇÃO RESIDENCIAL

A oferta de localização residencial está baseada no modelo proposto por Clark (1951), segundo o qual a distribuição da densidade de domicílio no solo urbano tende em média a uma exponencial negativa, a partir do Distrito Comercial Central (DCC), tomando-se o cuidado de excluir as áreas de uso institucional e aquelas não adequadas à urbanização.

A formulação matemática do modelo de Clark é dada por:

$$d_x = d_0 e^{-bx}, \quad (2.7)$$

onde:

d_x = densidade de domicílios à distância x do DCC.

d_0 = densidade de domicílios no DCC.

b = gradiente de densidade da população.

x = distância ao DCC.

A Equação 2.7 pressupõe um plano isomorfo, no qual as cidades terão crescimento idêntico em todas as direções. Para evitar esta simplificação, faz-se a divisão do espaço urbano em setores radiais, cada um contendo um eixo principal de desenvolvimento. Isto irá possibilitar a aplicação do modelo, levando em consideração as contingências peculiares à topografia e às tendências históricas de ocupação. Assim, considera-se a oferta de localização particularizada para cada eixo de desenvolvimento da cidade, os quais definem a localização das ZH com características de urbanização conhecidas.

2.2 - SUBMODELO DE DEMANDA DE LOCALIZAÇÃO RESIDENCIAL

No processo de decisão de sua localização residencial, a UF escolhe um lugar que, compatível com sua renda, tenha condições de absorver uma residência com determinadas características construtivas e nível de urbanização especificado.

Dados exógenos ao modelo são o perfil da distribuição da renda e a quantidade de UFs a serem localizadas no período.

Assim, para cada UF, com renda Y conhecida, deve-se determinar a probabilidade de escolha de uma localização, estabelecendo-se uma função de distribuição de probabilidade e caracterizando-se, assim, a função de utilidade de localização.

Tem-se, então, uma função de distribuição de probabilidade conjunta do nível de urbanização (L) e do padrão de habitação (H) condicionada a um nível de renda Y, ou seja:

$$P(L_j, H_m | Y_n) = \frac{P [L_{j-1} < L \leq L_j, H_{m-1} < H \leq H_m, Y_{n-1} < Y \leq Y_n]}{P [Y_{n-1} < Y \leq Y_n]} \quad (2.8)$$

sendo $j = 1, \dots, J$ os estratos do nível de urbanização; $m = 1, \dots, M$ os estratos do padrão de habitação e $n = 1, \dots, N$ os estratos da renda familiar.

O estabelecimento da função $P(L_j, H_m | Y_n)$, através de dados da pesquisa amostral, possibilita a simulação da demanda de localização residencial, a qual estará condicionada, por sua vez, à oferta de localização.

3. LOCALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES NÃO-RESIDENCIAIS

Para a localização das atividades não-residenciais, propõem-se dois modelos, analisados a seguir.

3.1 - LOCALIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS DE COMÉRCIO E SERVIÇOS

O conceito adotado neste trabalho para a localização das atividades de comércio e de serviços envolve a dependência desta localização com as atividades residenciais.

A localização dos estabelecimentos é função do seu mercado potencial e depende, portanto, da sua acessibilidade pelos consumidores. Em consequência, o melhor ponto comercial para localizar um estabelecimento é a área de máxima acessibilidade à sua clientela potencial. A escala ou porte do estabelecimento, representada pelo número de empregados, constitui outro determinante do comportamento locacional dos estabelecimentos. Portanto, a atratividade de um estabelecimento

comercial, e por conseguinte sua rentabilidade potencial, é função destes dois fatores: acessibilidade e escala.

Num processo de decisão, o administrador racional escolherá a localização e a escala de operação que maximize o seu lucro. Entretanto, fatores relevantes a esta decisão nem sempre são claros, e a escolha fica sujeita às idiossincrasias do seu desempenho passado.

A modelagem do processo de escolha da localização e da escala de operações é abordada sob o enfoque de decisão sob incerteza, e, deste modo, a estrutura do modelo é a seguinte:

$$G_{p,E} = G(M_p, E) + \varepsilon, \quad (3.1)$$

onde:

$G_{p,E}$ = rentabilidade da localização na zona comercial p , com número de empregados E .

M_p = mercado potencial da zona comercial p .

E = número de empregados do estabelecimento.

ε = componente de erro aleatório.

O mercado potencial M_j de uma ZH_j , gerado pelas UFs, pode ser expresso como:

$$M_j = \sum_{n=1}^N (Y_n \cdot D_n), \quad (3.2)$$

onde D_n representa o número de UF com renda Y , e n , os extratos de renda considerados, sendo que o percentual de renda gasto na aquisição da habitação é invariante em relação ao extrato de renda.

O mercado potencial de uma zona comercial M_p será dado pela soma dos mercados das zonas homogêneas j , que se situam no mesmo setor urbano, afetada por uma função de acessibilidade, a qual repre

sentas, para as zonas homogêneas j , as atrações do DCC e da zona M_p . Desse modo:

$$M_p = \sum_{j=1}^J (M_j \cdot A_p). \quad (3.3)$$

A função de acessibilidade A_p , considerada neste trabalho, é do tipo gravitacional, onde supõe-se que os deslocamentos entre duas zonas diminuirão com o aumento da distância entre elas; a maior ou menor atratividade de uma zona é diretamente proporcional à sua população. Uma análise pormenorizada de funções de acessibilidade pode ser encontrada em Silva Filho (1977).

O mercado potencial M_p , determina o número de estabelecimentos $N_{p,E}$, através de uma função do tipo Cobb-Douglas:

$$N_{p,E} = \alpha M_p^\beta E^\gamma + \epsilon,$$

sendo α , β , γ parâmetros que podem ser determinados através de regressão linear com dados amostrais, supondo-se para ϵ uma distribuição normal, com média zero e variância desconhecida, a ser estimada.

3.2 - LOCALIZAÇÃO DOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS

A localização industrial é considerada uma variável exógena e determinada pelo plano diretor de uso do solo.

As indústrias leves, que são voltadas para o consumo local, tendem a se fixar em áreas predominantemente industriais; as indústrias pesadas formam bolsões industriais próprios, ou são concentradas em distritos industriais específicos.

4. MECÂNICA DOS MODELOS

Os modelos foram calibrados através dos dados obtidos de pesquisa amostral, realizada em 1978, e de cadastros do Imposto Sobre

Serviço (ISS), para a cidade de São José dos Campos, SP. Sua validação foi realizada com dados obtidos de mosaicos aero-fotogramétricos da cidade, para os anos de 1962 e 1972. Esta validação consistiu em aplicar o modelo para o ano de 1962, reconstruindo-se a cidade, em iterações sucessivas, até o ano de 1978. Desvios significativos foram observados apenas nas zonas de nível de urbanização mais alto, da ordem de 20%, o que corresponde a um desvio absoluto inferior a 0,5% para toda a cidade, devido à pequena participação deste extrato na atualidade.

A análise de sensibilidade do modelo indicou que, para mudanças na distribuição da população entre as faixas de renda, ocorreram mudanças proporcionais na estrutura urbana. Por outro lado, a configuração da cidade foi praticamente insensível às mudanças do potencial de domicílios por zona. Isto se deu devido à pequena parcela do potencial de absorção de domicílios de cada zona, em relação ao potencial de absorção total da cidade.

Com relação ao modelo de localização dos estabelecimentos de comércio e serviços, foram encontrados desvios em torno de 8%, localizados principalmente nas zonas de ocupação mais recente, cuja estrutura comercial era incipiente em relação a outras zonas de mesmo mercado potencial, porém mais antigas.

A simulação do crescimento da cidade foi realizada, usando-se a técnica de Monte Carlo aplicada aos modelos propostos, obtendo-se inicialmente a demanda de localização de uma UF, através de amostragem sequencial hierarquizada em três níveis de decisão: renda, padrão de habitação e nível de urbanização, definidos pelas suas funções de distribuição de probabilidades.

A seguir simula-se, usando-se a mesma técnica, a escolha de um eixo da cidade e uma ZH neste eixo. Esta ZH deve possuir capacidade de absorção dos domicílios definidos no modelo de oferta. Repete-se este processo até esgotarem-se as UFs, a serem localizadas no período considerado na simulação.

Na localização não-residencial, calcula-se, em cada iteração, o mercado potencial da ZH, em função das UF já localizadas. A função de acessibilidade, que melhor representa a cidade, é calculada a partir da geometria da malha viária e de dados populacionais. Simula-se, então, a localização dos estabelecimentos de negócios e serviços, cujo número é calculado empregando-se o modelo descrito no item 3.1.

Em zonas de uso mixto (comercial e residencial), despreza-se a variação da densidade residencial, devido à localização de estabelecimentos de comércio e serviços, e as zonas comerciais são excluídas do modelo de oferta como áreas passíveis de localização residencial.

O pequeno tempo de processamento, necessário a uma corrida de simulação que usa os modelos propostos, viabiliza a execução do número de corridas necessário para a obtenção dos resultados, levando-se em conta a confiabilidade e a precisão desejadas.

Finalmente, convém destacar que, embora não haja limitação inerente aos modelos quanto ao tamanho da cidade ou da metrópole a ser estudada, o bom senso indica que a aplicação de um instrumento analiítico de complexidade razoável, como este, sô deve ser feita sob critério de eficiência mínima: um experimento sô é compensador à medida que a rentabilidade da decisão for maior que seus custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, M.S.S.; DAL BIANCO, D.; NETTO JR., O.B. *Modelos de projeção e de localização de população urbana utilizando técnicas de simulação*. São José dos Campos, INPE, ago. 1981. (INPE - 2207 - PRE/013).
- CLARK, C. Urban population densities. *Journal of the Royal Statistical Society Series. A114(2):110-116, 1951.*
- DAL BIANCO, D.; BUENO NETTO JR., O. *Um método para planejamento de redes telefônicas urbanas de grande porte*. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE - 1932 - TDL/033).
- MANSO, A.P.; BARROS, M.S.S. *Qualidade urbana: obtenção de dados de uma realidade e modelo para sua análise*. São José dos Campos, INPE, fev. 1975. (INPE - LAFE - 608).
- MANSO, A.P.; BARROS, M.S.S.; OLIVEIRA, M.L.N. *Determinação de zonas homogêneas através de sensoriamento remoto*. São José dos Campos, INPE, abr. 1979. (INPE - 1470 - RPE - 021).
- SILVA FILHO, J.F. *Discriminação entre modelos competitivos*. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE- 1077 - TPT - 051).