

1. Apresentação;
2. Introdução;
3. Indicadores urbanos;
4. Fatores de atração e repulsão;
5. Coeficientes de ponderação dos fatores de atração;
6. Forças de atração específicas;
7. Forças de atração absolutas;
8. Forças de atração relativas;
9. Distribuição do acréscimo da população;
10. Discussão: precisão da simulação e escolha dos períodos  $\Delta t$ ;
11. Apêndice 1: Estimativa dos indicadores urbanos por subzonas-1975;
12. Apêndice 2: Alguns resultados de aplicação do MoSAR.

*Csaba Deák\**

\* Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

## MODELOS DE SIMULAÇÃO DE ASSENTAMENTO RESIDENCIAL - MoSAR

### 1. Apresentação

O planejamento urbano no Brasil tomou corpo considerável e tornou-se relativamente unificado, com metodologia própria — ainda que embrionária — durante os últimos seis anos que se seguiram a uma fase heróica de iniciativas isoladas e, em sua maioria, individuais.

Os objetivos precisos do planejamento urbano, e mesmo seu escopo, são ainda incertos. Os numerosos enfoques, tais como o físico, o econômico, o social, o administrativo e o político têm variado em importância entre si mediante tentativas de equilíbrio. A indefinição reflete-se até na própria nomenclatura referente aos planos urbanos.<sup>2</sup>

Evidentemente, a metodologia resente-se da falta de definição dos objetivos. Aquele que se propõe a elaborar uma metodologia há de procurar e definir antes um objetivo, explicitá-lo em medida maior ou menor e, se aceito pelos órgãos administrativos envolvidos, procurar elaborar então uma metodologia conveniente.

Malgrado esta falta de organização e as dificuldades daí decorrentes, o conhecimento de partes afins do problema global vem avolumando-se e articulando-se sob forma de núcleos de organização dentro de um complexo caótico. Focalizaremos agora uma destas partes: o crescimento urbano, e posteriormente o assentamento residencial em particular, objeto do modelo de simulação adiante apresentado.

O problema de projetar-se — prever — o crescimento urbano é, por si só, fundamental ao planejamento urbano. Há, todavia, outro argumento que estimulou a concentração de esforços no sentido do melhor conhecimento e manipulação teórica do fenômeno.

Os problemas de circulação têm adquirido importância crescente com o aumento físico das aglomerações urbanas. Como neste caso preexistia metodologia pronta elaborada em campos fora do urbanismo (engenharia e economia) e mesmo fora do país (EUA), para o tratamento de problemas de tráfego e da alocação de fluxos em redes, os modelos de tráfego e de fluxos foram, por assim dizer, importados pelo planejamento urbano.

Trata-se de metodologia muito elaborada com mais de 20 anos de experiência e aperfeiçoamento. Os modelos matemáticos que utilizam são tão precisos quanto a exatidão dos dados permite. É essencial que sejam aplicados a casos complexos — como aglomerados de caráter metropolitano, da ordem de grandeza de 10<sup>6</sup> habitantes — e bem conhecidos onde os parâmetros das variáveis sejam conhecidos com suficiente precisão.

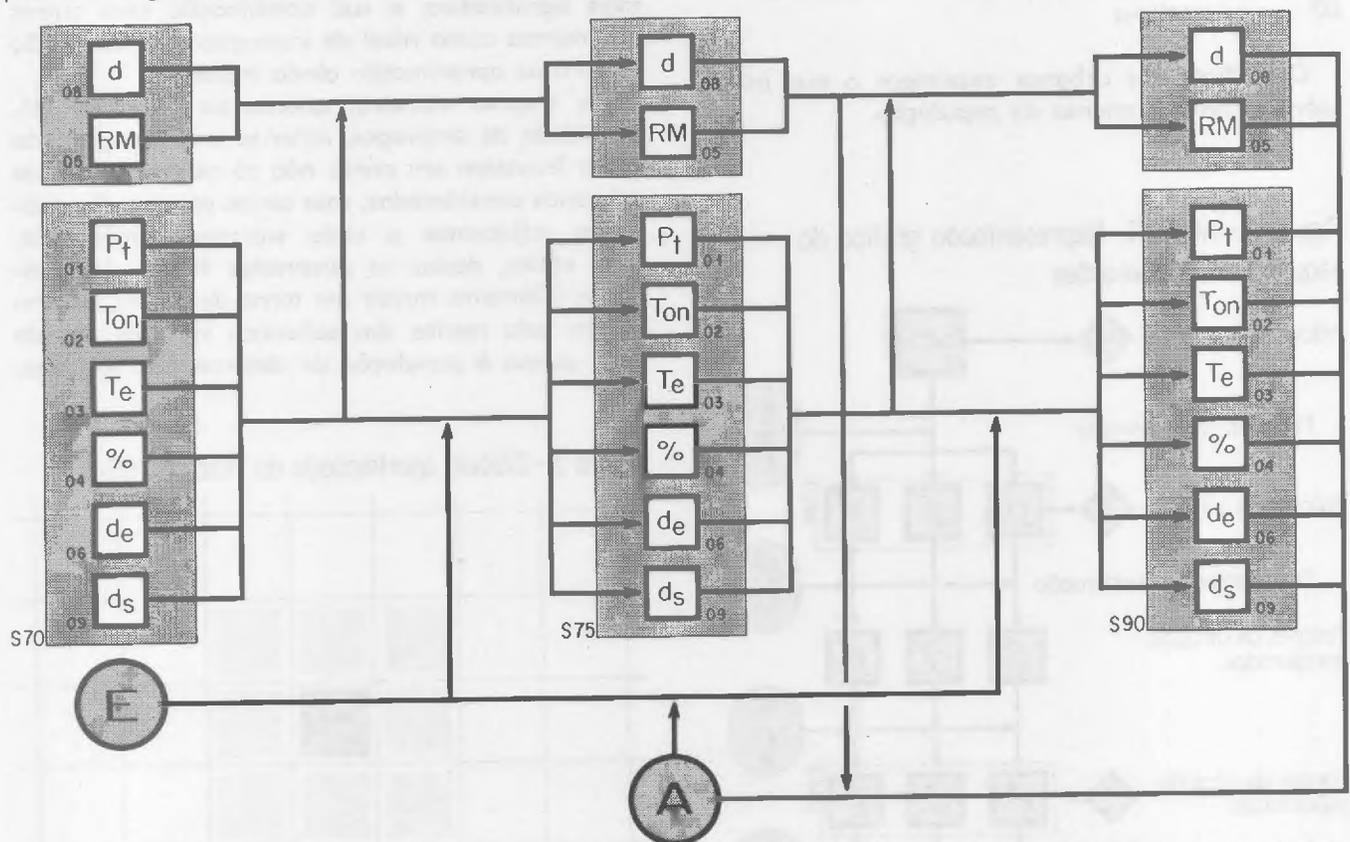
A irrupção destes modelos criou, portanto, repentinamente, a necessidade da determinação de suas

variáveis com alto grau de aproximação, compatível com seu próprio rigor. Geralmente a determinação dos parâmetros das variáveis é necessária para o passado, presente e futuro. Nos dois primeiros casos, o problema reduz-se — conceituadas as variáveis — no levantamento de dados históricos e de campo, respectivamente. No terceiro caso, o problema é de *simulação de situações futuras*.

Como não havia nenhum meio conhecido de simular-se o crescimento urbano de rigor comparável ao dos modelos de tráfego,<sup>3</sup> criou-se o modelo descrito neste artigo com a finalidade de preencher um hiato no grau de precisão existente na seqüência de elaboração dos planos urbanos.

As variáveis dos modelos de tráfego derivam de três principais fatores: distribuição espacial da população residente, da renda e dos empregos. O modelo de simulação do assentamento residencial — MoSAR — responde pela determinação dos dois primeiros destes fatores em seus estados futuros.<sup>4</sup> Quanto ao terceiro fator, a distribuição dos empregos, existe por enquanto apenas uma hipótese: suponho que um modelo de simulação do estabelecimento de atividades — MoSEA — possa ser concebido à semelhança do MoSAR, apesar de tratar-se de fenômeno mais complexo, resultando provavelmente em algoritmo igualmente mais complexo. Isto será objeto de elaboração posterior.

Figura 1—Esquema de simulação da estrutura urbana. Estão indicadas as variáveis diretamente influenciáveis pela estratégia (E) de planejamento, e um *loop* possível, de avaliação (A)



## 2. Introdução

O objetivo do modelo de distribuição da população é a simulação de situações futuras e a avaliação da probabilidade de sua ocorrência. Já discutimos a finalidade da simulação na apresentação. O modelo em si é como chegar a situações futuras, com uma probabilidade de ocorrência razoável e, ainda, avaliável.

O problema da distribuição do acréscimo da população será considerado segundo o enunciado seguinte: *dado um acréscimo de população estimado por projeção demográfica que leva em conta fatores endógenos (crescimento vegetativo) e exógenos (sal-*

*do migratório), para um período  $\Delta t$  a partir do início do período  $t$ , trata-se de achar a distribuição espacial desta população dentro da área urbanizada e urbanizável.*

## 3. Indicadores urbanos

Para poder simular o comportamento da população, é necessário conhecer os motivos que a influenciam em sua escolha do local de assentamento residencial. Estes motivos pertencem ao conjunto das características da situação de cada unidade geográfica considerada. O número de características de uma situação complexa como a urbana é muito

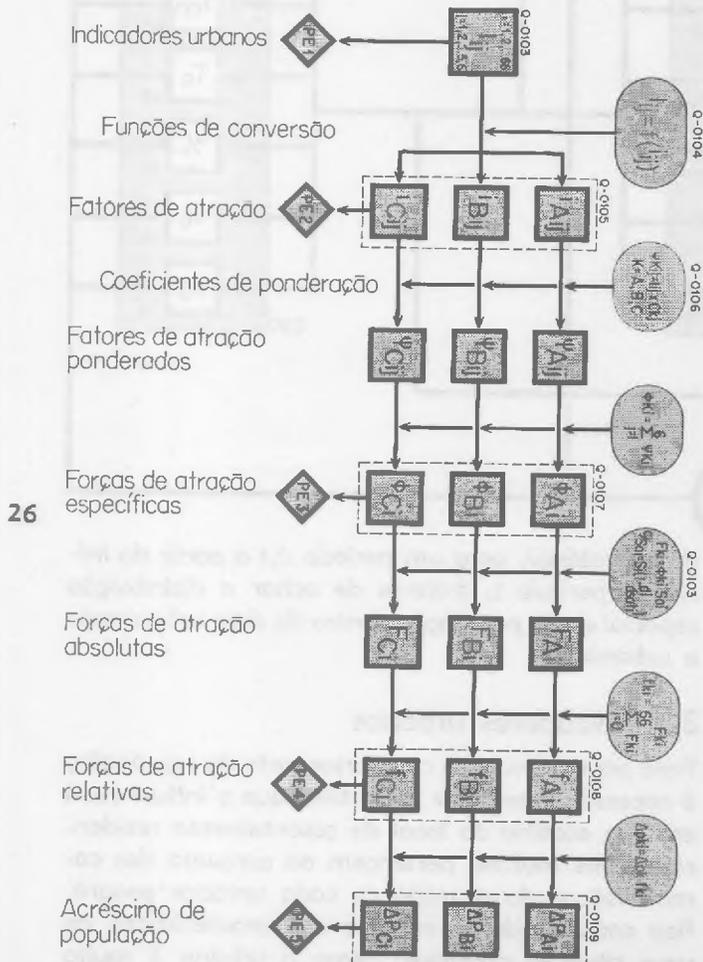
elevado e, na prática, é impossível sua enumeração e mais ainda sua quantificação.

Procedeu-se então a uma seleção das características mais influentes no comportamento da população, de modo a chegar-se ao número reduzido de sete, às quais denominou-se de *indicadores urbanos*. A seleção baseou-se na prática urbanística disponível no País, em geral, e no conhecimento parcial da situação da região urbana onde se aplicará o modelo, no caso, de Fortaleza, em particular. Os indicadores urbanos selecionados são:

- 01 — preço da terra
- 02 — tempo de percurso ao centro, de ônibus
- 03 — tempo de percurso ao centro, de carro
- 04 — atendimento de infra-estruturas
- 05 — renda média mensal familiar
- 06 — densidade de empregos
- 07 — microclima

Os indicadores urbanos exprimem o que influi sobre o comportamento da população.

Figura 2 — MoSAR. Representação gráfica da seqüência das operações



No caso específico de Fortaleza, a área urbana dividiu-se em 66 unidades geográficas, denominadas subzonas (SZ) e determinaram-se os valores médios dos parâmetros correspondentes aos indicadores<sup>5</sup> 01, 02, . . . 06 mediante levantamentos no local (pesquisa domiciliar para 05, pesquisa de transportes para 02, 03, 04, fontes secundárias para 01, 06). Os indicadores são colocados no quadro para posterior leitura.

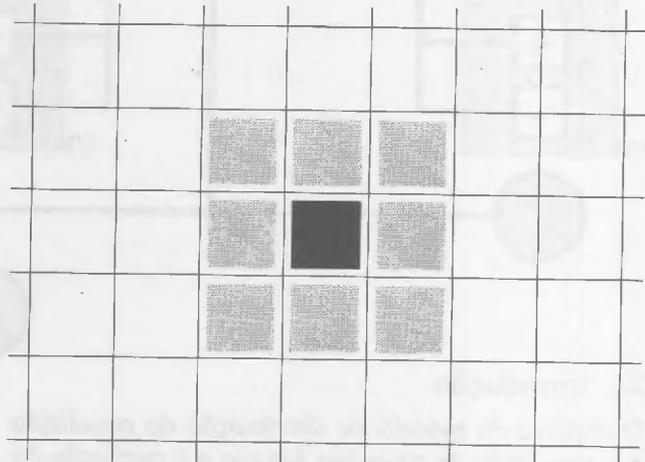
Cabem aqui algumas observações sobre a precisão dos dados usados como indicadores, especialmente os dois últimos da série.

A renda média mensal familiar usou-se para caracterizar o padrão socioocupacional dominante da população residente das subzonas.

Obviamente, o parâmetro considerado é uma simplificação pronunciada; a renda modal seria mais significativa, e sua combinação com outros parâmetros como nível de instrução e de ocupação daria uma aproximação ainda maior.

Da mesma maneira, quanto ao indicador 06, densidade de empregos, obter-se-ia maior precisão se se levassem em conta não só os empregos nas subzonas consideradas, mas ainda aqueles das subzonas adjacentes a cada subzona considerada. Com efeito, dadas as dimensões físicas das subzonas (diâmetro menor em torno de 1 km), os empregos pelo menos das subzonas vizinhas são de fácil acesso à população de determinada subzona.

Figura 3 — Cálculo aperfeiçoado do indicador 06



É óbvio que, teoricamente, deveriam ser levados em conta todos os empregos na zona urbana, por uma fórmula do tipo:

$$I_{m_0} = d_m + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{d_i}}{S_m}, \quad i \neq m$$

- onde  $Im_m$  = indicador 06 na subzona  $m$   
 $d_m$  = densidade de empregos na subzona  $m$   
 $E_i$  = número de empregos na subzona  $i$   
 $d_i$  = distância da SZ  $i$  à SZ  $m$  (de centróide a centróide)  
 $S_m$  = área da SZ  $m$ .

Porém, no caso específico de Fortaleza, o aumento de precisão, resultante dos aperfeiçoamentos mencionados, não justifica o aumento do custo em que implicam o processamento, tendo em vista o grau de precisão dos demais dados e a imprevisibilidade de novas ocorrências nos prazos considerados, de cinco e 20 anos. Estas observações<sup>6</sup> atestam então apenas a perfectibilidade do modelo para aplicações futuras.

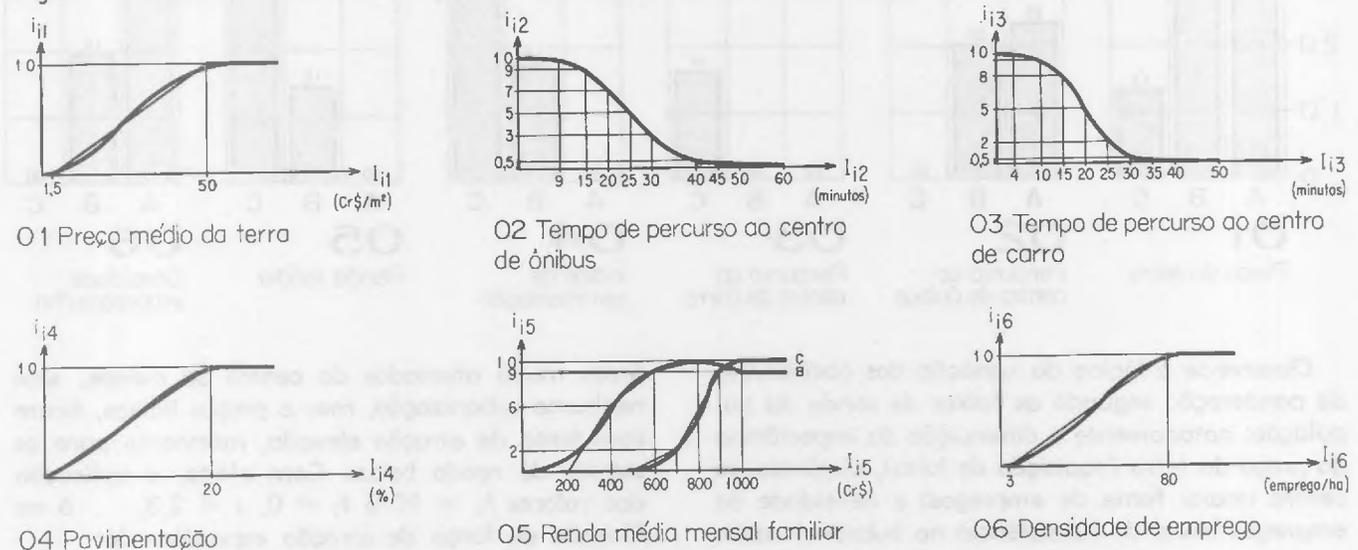
#### 4. Fatores de atração e repulsão

A intensidade da motivação da população (atração ou repulsão ao assentamento residencial) não varia

linearmente segundo o valor absoluto dos indicadores urbanos, pelo menos não necessariamente.<sup>7</sup> Por outro lado, para ponderação e soma das diversas parcelas da motivação (ver itens seguintes) é necessário ter-se valores comparáveis,<sup>8</sup> dentro de um mesmo campo de variação, de 0 a 10, por exemplo (a escolha deste campo é arbitrário e não influi no resultado). Com este duplo objetivo, criaram-se e dimensionaram-se as *funções de conversão*, que transformam os indicadores em fatores de atração, segundo leis que exprimem o comportamento da população em relação aos valores dos indicadores. Um dimensionamento inicial fez-se baseado na prática urbanística e posteriormente testado nos valores extremos, na calibração do modelo.

As *funções de conversão* exprimem como os indicadores urbanos influem sobre o comportamento da população.

Figura 4 - MoSAR. Funções de conversão dos indicadores em fatores de atração



Para maior precisão na simulação do comportamento da população e nos indicadores resultantes (renda média por subzonas), o acréscimo da população dividiu-se em três classes socio-ocupacionais, no caso, caracterizadas por faixas de renda média mensal familiar, sejam A, B e C, em ordem crescente de renda. Obviamente, o comportamento das diversas classes socioocupacionais pode variar em relação a um mesmo indicador urbano (por exemplo, em relação à renda média, fator 05), donde as funções de conversão são estabelecidas segundo estas três classes de população.

#### 5. Coeficientes de ponderação dos fatores de atração

O fato de determinado indicador exercer uma influência sensível sobre o comportamento da popu-

lação não implica que a intensidade desta influência seja igual àquelas dos demais indicadores. A influência conjunta dos indicadores, que chamaremos de *força de atração específica* (cf. item 6), não pode ser, portanto, simplesmente a média aritmética dos fatores de atração, mas uma média ponderada da forma:

$$\phi_K = \sum_{j=1}^6 C_{kj} i_{kj}$$

onde  $C_{kj}$  é o coeficiente de ponderação de fator de atração  $j$  ( $j=1, 2, \dots, 6$ ) para a população da faixa de renda  $K$  ( $K = A, B, C$ ), tal que

$$\sum_{j=1}^6 C_{kj} = 1$$

Para se determinar a influência relativa de cada fator de ponderação, utilizou-se a técnica Delphi, que substitui, com vantagem uma pesquisa de opinião pública em casos em que esta seria onerosa e de resultado duvidoso.<sup>9</sup>

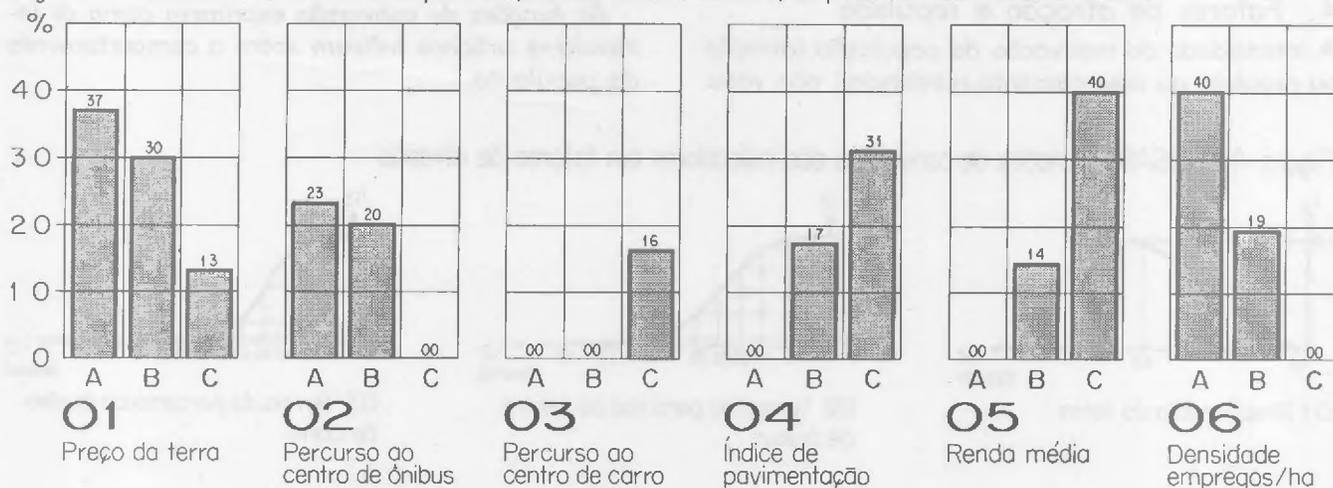
A técnica consiste em reunir um número reduzido, no caso 12, de técnicos altamente especializados e pedir uma estimativa a cada um isoladamente; a seguir, efetuar a média aritmética das estimativas, dar a conhecer a todos e pedir uma segunda estimativa isoladamente a cada um, baseada em sua própria estimativa anterior e na média do grupo; efetuar a nova média aritmética

e repetir a experiência até o grupo chegar a um consenso (ausência de estimativas muito afastadas da média). O resultado apresenta-se no quadro 1 — Q-0106,<sup>10</sup> e representado graficamente na figura 5.

QUADRO 1 — Q = 0106: Coeficientes de ponderação dos fatores de atração

i	01	02	03	04	05	06
k						
A	0.37	0.23	0.00	0.00	0.00	0.40
B	0.30	0.20	0.00	0.17	0.14	0.19
C	0.13	0.00	0.16	0.31	0.40	0.00

Figura 5 — MoSAR. Coeficientes de ponderação dos fatores de atração para as três faixas de renda



Observe-se a lógica da variação dos coeficientes de ponderação segundo as faixas de renda da população: notadamente a diminuição da importância do preço da terra (aquisição de lotes), distância do centro (maior fonte de empregos) e densidade de empregos (meio de subsistência na subzona) assim como o crescimento da importância da renda média e índice de pavimentação (paisagem, padrão social e conforto), segundo aumenta a renda das faixas de população.

áreas muito afastadas do centro da cidade, sem nenhuma urbanização, mas a preços baixos, ficam com força de atração elevada, mormente para as classes de renda baixa. Com efeito, a aplicação dos valores  $f_i = 10$  e  $f_j = 0, j = 2,3, \dots, 6$  na fórmula da força de atração específica dá:

$$A = 0.37 \times 10 + 0 + \dots + 0 = 3,7$$

$$B = 0.30 \times 10 + 0 + \dots + 0 = 3,0$$

$$C = 0.13 \times 10 + 0 + \dots + 0 = 1,3,$$

o que, evidentemente, não corresponde à realidade. Isto pelo fato que áreas não urbanizadas e afastadas, pela única circunstância de serem facilmente adquiríveis a preços baixos, não são por isso convidativas ao assentamento residencial urbano. O fator preço da terra na realidade funciona mais, no caso favorável, como ausência de repulsão, do que como atração. Este fator conceituou-se então como fator negativo, com valor mínimo no extremo favorável (ver funções de conversão), a fórmula de  $\phi$  ficando:

$$\phi_k = \sum_{i=2}^6 C_{k^i/k_i} - C_{k^1/k_1}$$

## 6. Forças de atração específicas

Efetuada-se a soma ponderada dos fatores de atração, segundo o exposto no item anterior, obtém-se a força de atração específica das subzonas. Esta denominação provém do fato que o parâmetro é característico da área em questão e depende apenas de sua localização, grau e tipo de urbanização, independentemente de sua área. O parâmetro tem dimensão, força/área, ou seja, força de atração por unidade de área, daí seu nome.

Um teste realizado e uma análise mais atenciosa levaram a modificar a fórmula da soma ponderada dos fatores de atração. Com efeito, verificou-se que

As mesmas áreas periféricas afastadas ficam então no limite, com força de atração nula. Observe-se que sendo  $C_{kij} \geq 0$  e  $i_{kij} \geq 0$ ,  $\phi_k$  pode assumir valores negativos. O caso mais freqüente é a expulsão da população de renda baixa de áreas valorizadas, como favelas próximas ao centro ou em zona residencial de padrão alto.

## 7. Forças de atração absolutas

A força de atração absoluta  $F_i$  de cada subzona será proporcional a sua força de atração específica e a sua área:

$$F_i = g \cdot \phi \cdot S_i \text{ onde } g = c^{10}$$

Levando-se em conta a finalidade em referência, seja a distribuição do acréscimo de população global por subzonas, o conceito de forças de atração será ampliado agora para incluir a capacidade de absorção das subzonas.

Ora, uma subzona inteiramente saturada<sup>11</sup> não poderá absorver uma população, por mais atraente que seja ( $\phi = 10$ ); ao passo que, uma subzona vazia pode absorver realmente um acréscimo de população de acordo com sua força de atração específica e área.

Vemos, então, que  $g$  depende do grau de saturação da subzona e pode ser conceituado como um coeficiente da área  $S$  que dá uma área virtual  $S_0$  capaz de absorver população. Uma forma satisfatória de  $g$  é:

$$g = 1 - \frac{d}{d_{sat}}$$

de onde vem:

$$S_0 = S \left( 1 - \frac{d}{d_{sat}} \right) \text{ e}$$

$$F_i = \phi S_0 \text{ ou}$$

$$F_i = \phi S_i \left( 1 - \frac{d}{d_{sat}} \right) \text{ se } d_{sat} = 0, S_0 = F_i = 0$$

onde  $d$  é a densidade existente no início do período considerado, e  $d_{sat}$  é a densidade da saturação no período considerado.

A densidade da saturação foi estimada para cada subzona com cautela, tratando-se de um parâmetro complexo que depende da faixa de renda, da distância do processo urbano no qual está inserida a subzona, das condições tecnológicas de construção e de circulação durante o período considerado e da estratégia a ser aplicada (por exemplo, legislação urbana) durante o período considerado.

Descrevem-se a seguir alguns casos particulares.<sup>12</sup> Nas subzonas próximas ao centro e na faixa

litorânea com renda alta admitiu-se a substituição gradativa de habitações isoladas por coletivas:  $d_{sat} = 250 - 400$  (período 70-75) e  $d_{sat} = 350 - 600$  (período 75-90). No grande conjunto de habitações populares recém-terminado,  $d = 63$ ,  $d_{sat} = 63$  (com este artifício elimina-se o afluxo de população numa zona de densidade média, mas certamente saturada para os próximos 20 anos). Em áreas chamadas "vazias" como o aeroporto e a cidade universitária,  $d_{sat} = 0$ . Observe-se que pondo nestas últimas  $d_{sat} = 0$ , não se anula  $\phi$ , como realmente as referidas áreas possuem força de atração positiva; apenas se exprime que uma razão externa mais forte impede o assentamento residencial.  $\phi$  ainda exprime nestes casos a pressão da população ao eventual deslocamento dos equipamentos e funções que ocupam as referidas subzonas. Para as zonas industriais ou de expansão industrial, de  $d = 40 - 60$ ,  $d_{sat} = 100$  para ambos os períodos, exprimindo que a predominância industrial não permite altas densidades habitacionais.

## 8. Forças de atração relativas

As forças de atração relativas obtém-se facilmente pela operação:

$$f_{ki} = \frac{F_{ki}}{\sum_{i=1}^n F_{ki}}, F_{ki} \geq 0 \text{ e se } F_{ki} < 0, F_{ki} = 0$$

onde  $n$  é o número de subzonas.

A restrição  $F_{ki} \geq 0$  ficou introduzida para simplificar o processamento. Com efeito,  $F_{ki}$  podendo assumir valores negativos (como  $\Phi_{kij}$ ,<sup>13</sup> uma vez que  $S_0 \geq 0$ ), como de fato ocorre, originando expulsão de população, ter-se-ia que introduzir a checagem (check) se a população expulsa de determinada subzona é inferior à que existe na mesma subzona no início do período, e não sendo, introduzir um processo trabalhoso de artifícios, cujo custo não é justificado pelo aumento de precisão decorrente.<sup>14</sup>

Como os valores absolutos das forças de atração específica negativas verificaram-se pequenos, optou-se por separá-los antes de entrarem no cálculo das forças de atração relativas. Isso equivale a aceitar a hipótese que não haverá expulsão de nenhuma faixa de população de nenhuma subzona, apenas estagnação ou crescimento.

## 9. Distribuição do acréscimo da população

Pelo próprio processo de obtenção das forças de atração relativas  $F_{ki}$ , que foram concebidas para este fim, a aplicação simples de seus valores aos acréscimos globais de população por classes socio-ocupacionais A, B e C dá a distribuição destes acrés-

cidos por subzonas. Os acréscimos globais de população  $\Delta P_k$  provêm de fonte externa ao modelo, seja da projeção demográfica combinada com as projeções socio-econômicas, conforme o enunciado na introdução deste artigo.

Os acréscimos obtidos para o período  $\Delta t$  somados às populações do início do período dão as populações, por subzonas e classes socio-ocupacionais, no fim do período.

$$P_{ki}(1) = P_{ki}(0) + \Delta P_{ki}$$

Omitindo-se os índices  $k$  e  $i$ , das classes socio-ocupacionais e das subzonas, respectivamente, e pondo em índices os dois algarismos finais dos anos a que e referem, teremos, no caso em que se aplicou o modelo:

$$P_{75} = P_{70} + \Delta P$$

e, calculando-se os novos indicadores de 1975,<sup>15</sup> assim como os novos acréscimos de população no próximo período, uma segunda aplicação do modelo dá:

$$P_{90} = P_{75} + \Delta P$$

É conveniente verificar, a cada aplicação, se:

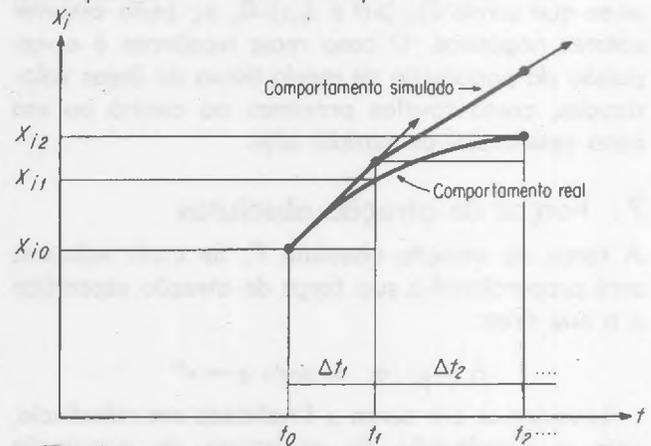
$$\Delta P_i \leq (d_{sat_i} - d_i) S_i, \quad \Delta P_i = \Delta P_{Ai} = \Delta P_{Bi} + \Delta P_{Ci}$$

isto é, se a densidade resultante em cada subzona é inferior à sua densidade de saturação. Durante as aplicações para o plano de Fortaleza, teve-se sempre esta condição satisfeita. Caso ocorra o contrário — o que é possível no algoritmo — tem-se que subdividir o período  $\Delta t$  considerado em  $\Delta t$  menores de modo a diminuir  $\Delta P_k$  e, conseqüentemente,  $\Delta P$  até se ter, no máximo,  $\Delta P_i = (d_{sat_i} - d_i) S_i$ . No período seguinte, caso se mantenha  $d_{sat_i}$  teremos:  $f_i = \Delta P_i = 0$ , e a população da subzona estacionará

## 30 10. Discussão: precisão da simulação e escolha dos períodos $\Delta t$

Ao aplicar-se o modelo, admite-se a aproximação que a situação inicial, caracterizada pelos indicadores no início do período, mantém-se constante durante o período  $\Delta t$ . Como de fato tal não ocorre, as transformações sendo teoricamente contínuas, o grau de precisão depende da amplitude do período  $\Delta t$  considerado. Para que se tenha coerência na aplicação, o período  $\Delta t$  tem que ser escolhido de modo que a precisão decorrente seja compatível com a precisão dos dados utilizados, a finalidade que se visa, e os prazos globais envolvidos, dos quais depende a probabilidade de ocorrência de imprevistos.<sup>16</sup>

Figura 6—MoSAR. A precisão da simulação depende da amplitude dos intervalos  $\Delta t_j$  utilizados



Tendo em vista o que foi exposto, e lembrando-se que os objetivos da simulação são a) plano de ação da administração atual e b) plano de transportes até 1990, fixaram-se os períodos de 1970-75 e 1975-90. Observe-se que os resultados obtidos para o médio prazo ( $\Delta t = 5$  anos) tem certamente maior probabilidade de precisão do que aqueles obtidos para o longo prazo ( $\Delta t = 15$  anos). Com efeitos, a quantidade de imprevistos que deverão ocorrer até 1990 é sensivelmente maior do que até 1975, o que justifica  $\Delta t_2 \gg \Delta t_1$ .

Eventualmente, para outros fins, como por exemplo avaliação do efeito induzido por projetos setoriais específicos, o modelo pode ser aplicado com um  $\Delta t$  definido em função do prazo considerado e o grau de precisão requerido em cada caso.

## 11. Apêndice 1: Estimativa dos indicadores urbanos por subzonas — 1975

Os valores iniciais que entram no processamento do programa esquematizado na figura 2 são os indicadores urbanos (01, 02, ... 06), e a área, densidade populacional no início do período considerado e densidade de saturação para este período, das subzonas. Para o primeiro período, estes valores obtêm-se por simples levantamento da situação, conforme exposto no item 3. Para os períodos subseqüentes, é necessário estimá-los, com base, em parte, nos resultados diretos da simulação do período anterior, e em parte em outros critérios conforme se descreve a seguir.

### Indicador 01: preço médio da terra

Considera-se que o preço da terra varie — em preços constantes — com o investimento em infra-estruturas aplicado na área.

Com efeito, tal consideração baseia-se no fato de que os preços reais dos terrenos das áreas centrais variam proporcionalmente ao aumento do

custo de vida,<sup>17</sup> enquanto que nas periferias aumentam em razão superior. Ora, os maiores investimentos (calçamento, água, esgoto, luz, etc.) são feitos na periferia.

Portanto, aplicou-se sobre os preços de 70 a taxa de crescimento do índice de pavimentação de cada SZ, no período considerado de 1970-75, para obter-se os preços prováveis em 1975.

*Indicador 02: tempo de percurso ao centro, de ônibus*

Estimado pelo setor transportes, baseado na rede viária de 1975.

*Indicador 03: tempo de percurso ao centro, de carro*

Estimado pelo setor transportes, baseado na rede viária de 1975.

*Indicador 04: índice de pavimentação*

Obteve-se o índice de pavimentação em 1975, acrescentando-se às áreas pavimentadas por subzona em 1970 as seguintes parcelas:

- a) as áreas das novas vias a serem abertas no período 70-75, segundo o plano viário, sendo distribuídas nas subzonas que atendem, fornecidas pelo setor transportes;
- b) oitenta quilômetros de vias distribuídas levando-se em conta as linhas de ônibus;
- c) cento e noventa quilômetros de vias a serem pavimentadas no período, distribuídos proporcionalmente ao acréscimo da população no período 70-75.

Para efeito da área pavimentada, foi levada em conta a caixa das vias e não a faixa de rolamento, uma vez que se trata de um índice de atendimento, e, deste modo, o índice de pavimentação é comparável com a área de vias públicas.

Observe-se ainda, que para a zona central (subzona 0101) resulta uma área pavimentada superior à área total de vias. O dado manteve-se, pois trata-se de um indicador que visa quantificar os investimentos em infra-estruturas por subzonas, e o excesso de área pode ser interpretado como investimento em obras de arte viárias ou em qualquer outros melhoramentos em infra-estruturas.

*Indicador 05: renda média mensal familiar*

Estimada pelo setor econômico, baseado na renda média de 1970 e a distribuição de acréscimo de população por faixas de renda no período 1970-75.

*Indicador 06: densidade de empregos por ha*

Ao número de empregos existentes foi adicionado o acréscimo previsto de empregos por setores de atividade. Sua distribuição fez-se segundo duas

alternativas, objetivando a comparação das mesmas segundo a estimativa urbana resultante. As alternativas diferenciam-se pela localização do Centro de Administração e pelos efeitos induzidos destes sobre a localização de alguns outros setores de atividades, sendo que os demais foram distribuídos segundo critérios próprios.

As alternativas de localização do Centro Administrativo são:

- a) ao longo da Av. Aguanhambi, entre as Avs. Duque de Caxias e 13 de Maio, no Sul da zona central;
- b) na região da confluência das Avs. Duque de Caxias e Bezerra de Menezes, a Oeste da zona central.

Para efeito do plano de estruturas de 1990, escolheu-se a primeira alternativa.<sup>18</sup>

*Área*

Não se altera.

*Densidade populacional*

A simples soma dos acréscimos de população  $AP_i$ , durante o período anterior às populações das subzonas no início daquele período, resulta na população das SZ no início do período considerado, que, dividida pelas áreas  $S_i$ , dá as densidades  $d_i$ .

*Densidade de saturação*

Ver item 7.

## 12. Apêndice 2: Alguns resultados de aplicação do MoSAR

A título de ilustração, estão apresentados nas figuras 7 a 11 alguns resultados, inclusive parciais, da aplicação do MoSAR na elaboração do Plano de estruturas do PLANDIRF, de Fortaleza (CE). Além das variáveis já mencionadas na apresentação deste artigo, que serviram de insumo ao Plano viário e de transportes e à Lei de uso e ocupação do solo, alguns resultados parciais foram utilizados para outros fins. Assim, a análise da atratividade específica das SZ, para as diversas faixas de renda, foi utilizada para definir uma *Política de localização dos conjuntos habitacionais*. A mesma análise revelou ainda o perigo de a faixa litorânea leste, atualmente não urbanizada (Praia do Futuro) e que constitui o maior potencial de recurso natural da aglomeração urbana para uso recreacional, vir a ser comprometida por uso conflitante com este, seja por invasão de habitações da população de baixa renda, inclusive favelamentos, probabilidade esta que foi acusada pela alta atratividade específica que resultou na área da faixa litorânea. 

FIG. 9 — PLANDIRF. Atração específica das SZ para a faixa de renda B:  $\phi_B$

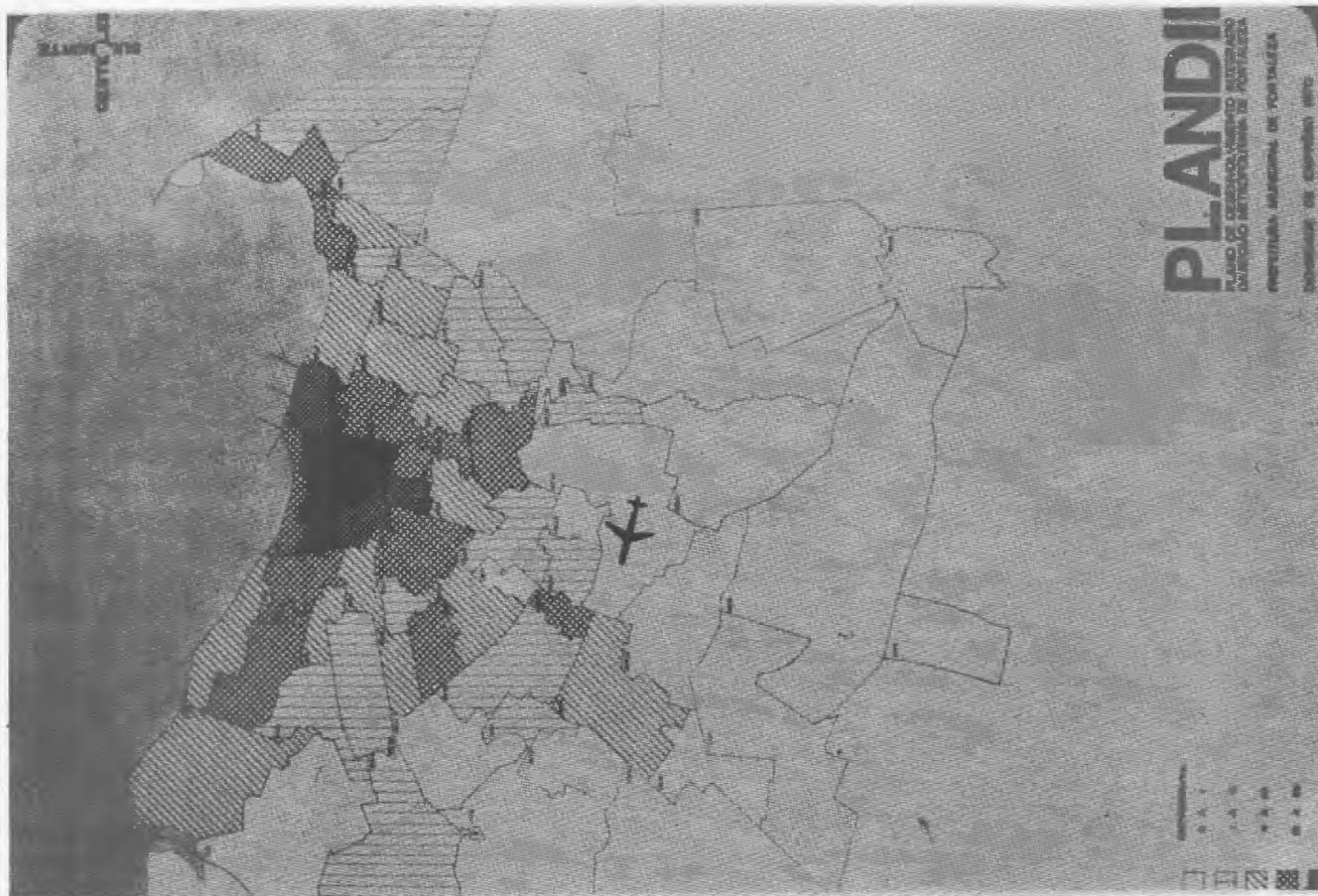


FIG. 10 — PLANDIRF. Atração específica das SZ para a faixa de renda C:  $\phi_C$

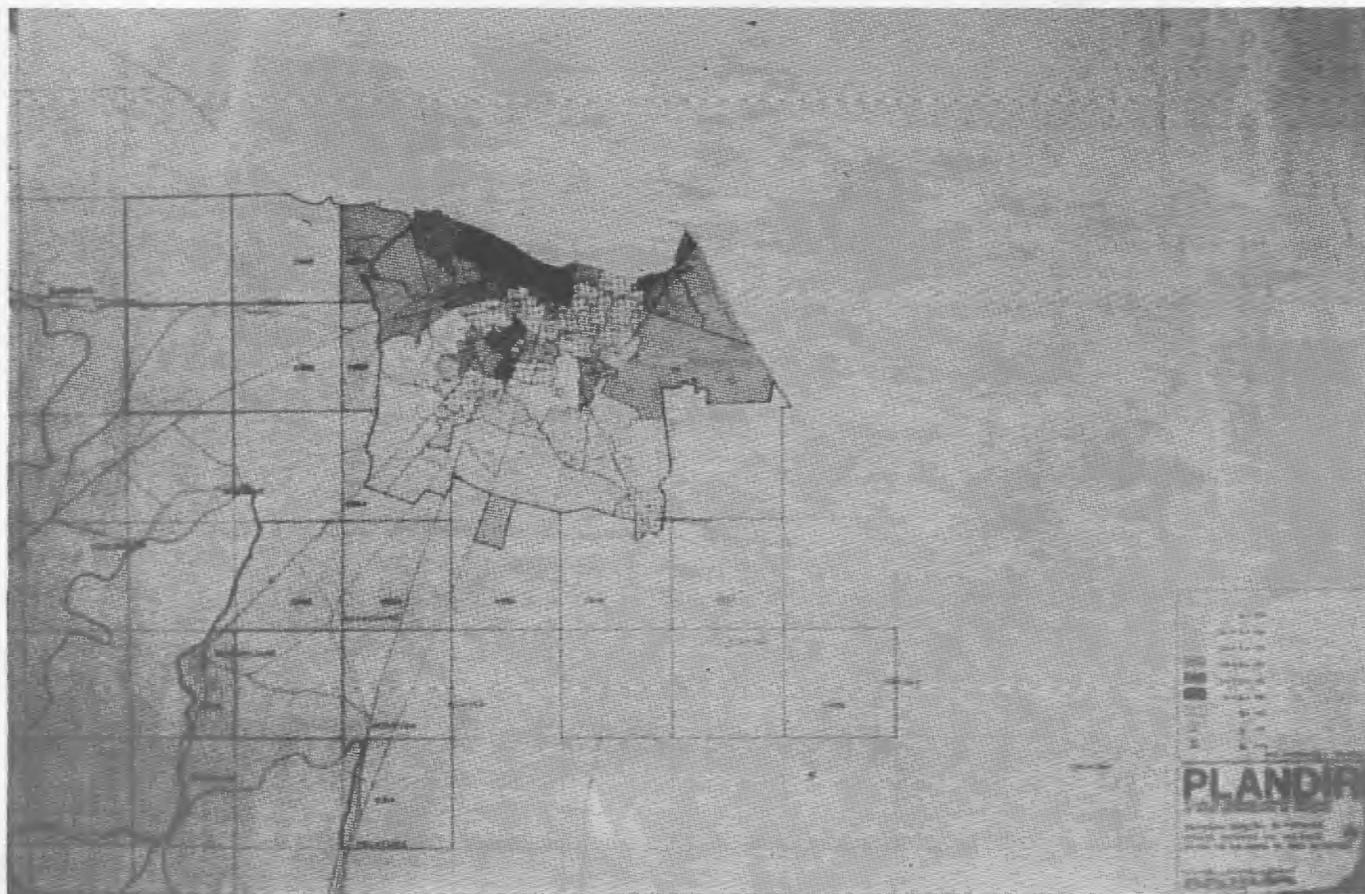
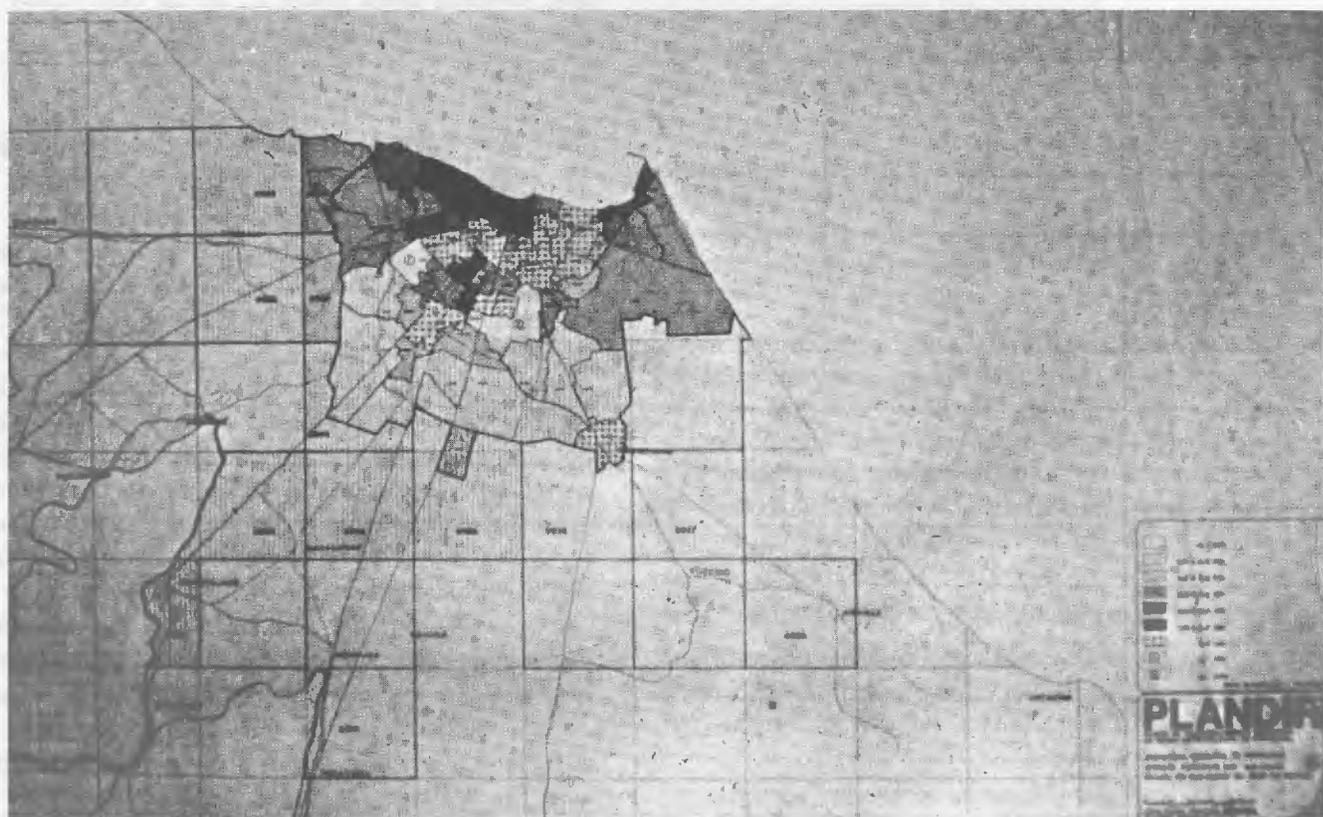


FIG. 7 — PLANDIRF. Densidade de empregos por subzonas no ano-base, 1970, início do primeiro período de simulação.



FIG. 8 — PLANDIRF. Atração específica das SZ para a faixa de renda A:  $\Phi_A$



Na figura 8, observa-se a verificação da eventualidade mencionada no item 6, *in fine*, a saber, a expulsão de populações de baixa renda das áreas valorizadas próximas ao Centro e

da zona residencial de alto padrão, a leste da área central (Aldeota), onde a força de atração específica  $\Phi_A$  tomou valores negativos.

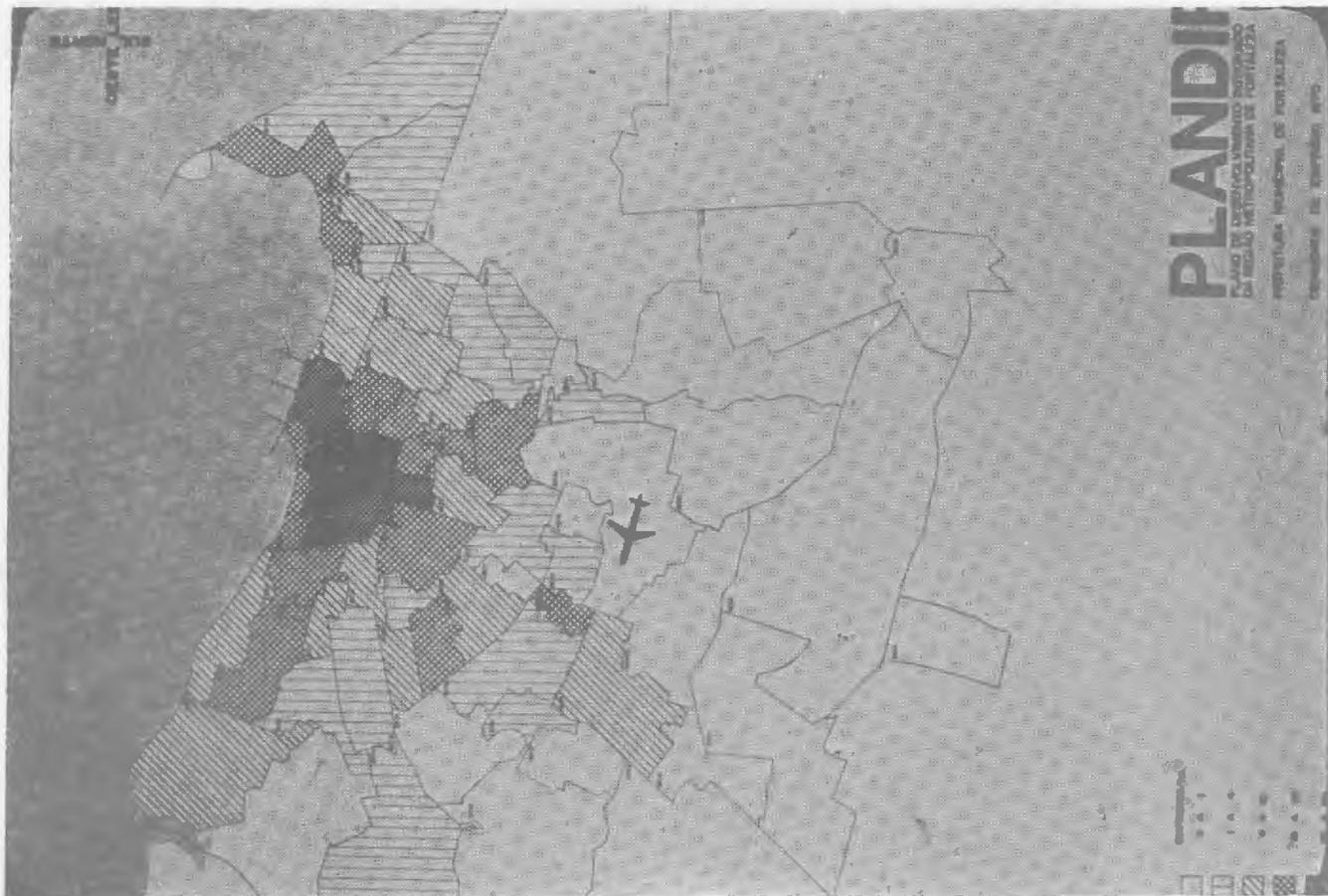


FIG. 11 — PLANDIRF. Distribuição do acréscimo de população por SZ e faixa de renda  $\Delta P_{e_i}$

<sup>1</sup> Pode-se considerar, por exemplo, os planos da Guanabara (Doxiades Associates, 1965), de Joinville (Consórcio Jorge Wilhelm Arquitetos Associados — Serete S.A., 1965) e de Curitiba (idem, 1966), como os primeiros no País elaborados basicamente nos moldes atuais.

<sup>2</sup> Plano urbanístico; plano urbanístico básico; plano diretor; plano diretor de desenvolvimento; plano de desenvolvimento integrado; plano preliminar, etc.

<sup>3</sup> É claro que a introdução de dados insuficientemente aproximados nos modelos invalida sua aplicação, assunto, aliás, até hoje polêmico. Têm sido muito discutidos a validade e os resultados desta técnica, aplicada a casos pouco complexos ou com ausência de dados confiáveis.

34 <sup>4</sup> O presente artigo descreve o estágio atual do MoSAR, que vinha sendo elaborado durante a execução de vários trabalhos em planejamento urbano em São José dos Campos e Campinas (São Paulo) e Fortaleza (Ceará) pelo autor com a contribuição de membros das equipes de trabalho envolvidas, em particular dos Arquitetos Jorge Wilhelm, Volker R. Link e Rita O. Aprigliano e do Sociólogo Maurício Cadaval.

<sup>5</sup> Na ausência de postos de observação meteorológica e climática, foi impossível a determinação dos valores médios do indicador 07 por SZ, que a seguir ficou eliminado do modelo de simulação.

<sup>6</sup> Como também aquelas constantes nos itens 8 e 9.

<sup>7</sup> Por exemplo, um índice de atendimento ou infra-estrutura de 2% não exerce uma atração duas vezes maior do que outro de 1%, e muito menos ainda um tempo de percurso ao centro de 1 h, do que de 1/2 h.

<sup>8</sup> Obviamente, não se pode somar cruzeiro com hora, ou com Cr\$/m<sup>2</sup>, ou com hab/ha.

<sup>9</sup> De fato, a falta de costume da população de lidar com dados de natureza como os que aqui estão envolvidos invalidaria fortemente o resultado de uma pesquisa direta.

<sup>10</sup> No caso de Fortaleza, adotou-se o resultado da segunda experiência, quando o valor do desvio-padrão dividido pelo valor médio das estimativas ficou abaixo de 0,50, para todos os coeficientes.

<sup>11</sup> Conceito de saturação: uma área urbana com todos os lotes ocupados por edificações de baixo grau de obsolescência, portanto com baixa probabilidade de substituição por edificação nova.

<sup>12</sup> Exemplos de densidades existentes: Copacabana (GB)  $d = 2000$ , condições de urbanidade precárias; saturada; Higienópolis (SP)  $d = 800$ , boas condições de urbanidade, faixa de renda alta, habitações coletivas substituem individuais, maior densidade de São Paulo, não saturada. Tatuapé (São Paulo)  $d = 170$ , renda média baixa, maior densidade de São Paulo em habitações isoladas; saturada.

<sup>13</sup> Ver item 6.

<sup>14</sup> Cf. ainda observações similares no item 3.

<sup>15</sup> Cf. Apêndice 1: Estimativas dos indicadores urbanos por subzonas — 1975.

<sup>16</sup> Se  $\Delta t$  for menor, isto implicará um custo superior e grau de precisão ocioso, caso contrário, uma subutilização do modelo.

<sup>17</sup> *Conjuntura Econômica*, Fundação Getúlio Vargas, v. 25, p. 201, col. 4 e p. 203, col. 4, abr. 1971.

<sup>18</sup> Na realidade, foram introduzidas alternativas adicionais, mas permaneceu a alternativa escolhida.