

## MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE CRESCIMENTO URBANO DIFUSO: O CASO DE ARROIO GRANDE, RS, BRASIL

**MORELATTO, Natália Bacin<sup>1</sup>; POLIDORI, Mauricio Couto<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade e Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas; <sup>2</sup> Faculdade e Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Arquitetura e Urbanismo.  
nati\_baccin@hotmail.com

### 1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades tem sido visto como resultado do comportamento emergente e da auto-organização dos processos de construção e reconstrução do ambiente urbano. Dentre as consequências desse crescimento está a formação de periferias, tanto de baixa quanto de alta renda e, embora haja diferenciação em relação a sua formação, organização e classes predominantes, ambas apresentam fatores problemáticos, especialmente a segregação sócio-espacial.

Segundo Polidori (2004), estudos afirmam que o crescimento urbano pode ser compreendido através da observação de um processo de transformação durante um determinado período de tempo. Isso se deve ao fato de a cidade estar em constante mudança, provocando alterações no conjunto que a integra. Porém, mesmo que possamos notar essas mudanças na morfologia, não é evidente o modo como ocorrem.

A modelagem urbana se apresenta como uma das possíveis ferramentas para o estudo dessa morfologia. No que diz respeito ao crescimento urbano, cidades podem ser reproduzidas experimentalmente através de simulações em ambiente computacional, sendo capazes de representar o presente e futuro da cidade (BATTY, 2009). Aliados a técnicas de autômato celular, simulam processos sistêmicos, onde ações ou regras que incorporam processos locais geram reflexos de ordem global, podendo representar a dinâmica de transformações de cidades.

Diante dessa questão, foi realizado estudo exploratório direcionado à cidade de Arroio Grande, RS, com suporte em teoria de sistemas, modelagem – em autômatos celulares –, teorias de complexidade e de auto-organização. O objetivo é indicar vetores e possibilidades de crescimento sob a ótica morfológica, particularmente na formação de periferias, segundo a hipótese de que estão associadas ao crescimento difuso, menores centralidades e aos atributos do ambiente natural.

Para isso, foi utilizado o software Simulador do Ambiente da Cidade (SACI®), que é dedicado a realizar estudos da dinâmica espacial urbana, considerando integradamente fatores naturais, urbanos e institucionais. Os resultados visam o apoio às atividades de ensino e pesquisa em planejamento urbano, nos níveis de graduação e pós-graduação, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAUrb) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

## 2 METODOLOGIA

A proposta de estudo sobre o crescimento urbano foi realizada através de simulações com uso do modelo implantado no SACI – Simulador do Ambiente da Cidade - para a cidade de Arroio Grande, RS. A delimitação espacial de estudo – área de trabalho – engloba a área efetivamente urbanizada, as principais vias de ligação à cidade, e ambiente natural de entorno.

A morfologia do crescimento urbano é reproduzida no modelo com base na distribuição de 5 diferentes tipos de tensões (fig. 1): a) Axial, ao longo de caminhos/eixos; b) Axial de buffer, ao redor dos caminhos/eixos; c) Polar, de forma concêntrica, ao redor de um núcleo; d) Difusa 1, distribuídas de forma aleatória, inversamente proporcional a sua centralidade e às resistências do ambiente natural no tempo anterior e associadas a produção formal para as classes de alta renda (urban sprawl) e) Difusa 2, distribuídas de forma aleatória, inversamente proporcional a sua centralidade e diretamente proporcional às resistências do ambiente natural no tempo anterior e associadas a produção informal pelas classes de renda inferior (periferização).

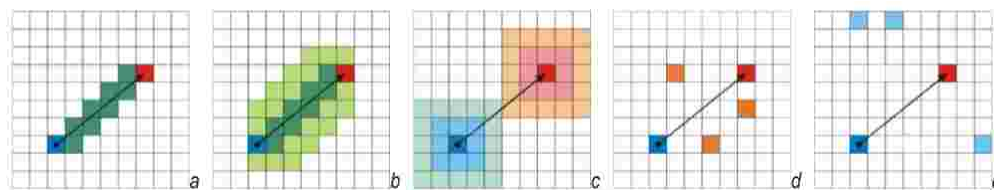


Figura 1: esquemas em formato de grid, representando o comportamento das tensões: a) distribuição axial; b) distribuição axial de buffer; c) distribuição polar; d) distribuição difusa do tipo 1; e) distribuição difusa do tipo 2. Fonte: POLIDORI, 2004.

Os dados utilizados para essa pesquisa foram levantados *in loco* e por fontes primárias pela turma de alunos do Projeto Arquitetônico e Planejamento Urbano (Projeto 9) da FAUrb-UFPel, coordenados pelo professor Maurício Polidori, nos anos de 2009 e 2010. Esses fatores – urbanos e naturais – da cidade de Arroio Grande foram graficados vetorialmente em ambiente computacional, com uso de software CAD, sobre uma imagem de satélite georreferenciada, extraída do Google Earth (fig. 2). Esses dados foram transferidos para o programa ArcView, convertidos inicialmente em *shapes* e posteriormente para o formato de *grids* bidimensionais, caracterizados por uma matriz celular cujas células medem 200x200m, conferindo características operacionais de um autômato celular (CA).

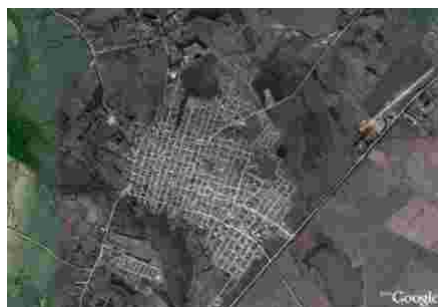


Figura 2: delimitação espacial da área de trabalho, mostrando a cidade de Arroio Grande e o ambiente natural de entorno. Fonte: Google Earth.

No software SACI, os grids temáticos funcionam como dados de input para o modelo, sendo a área urbanizada entendida como atributo urbano, o qual funciona como carregamento - aquele que estimula o crescimento. Já os componentes da paisagem (cursos d'água, banhados e matas) são entendidos como atributos naturais, funcionando como resistências - obstáculos para o crescimento.

Realizaram-se 3 experimentos com simulação de diferentes cenários de crescimento urbano, correspondendo à diferentes distribuições das tensões, permitindo analisar morfologias de formação de periferias. A saber:

- a) crescimento com todas as tensões (axial, axial de buffer, polares, difusas tipo 1 e difusas tipo 2) distribuídas igualmente – 20% para cada uma –, que corresponde ao padrão do modelo;
- b) crescimento com 60% para tensão difusa tipo 1 – com a qual há maior probabilidade de ocorrer formação de periferia de média e alta renda – e 10% para as demais;
- c) crescimento com 60% para tensão difusa tipo 2 – com a qual há maior probabilidade de ocorrer formação de periferia de baixa renda – e 10% para as demais.

Foi estabelecida para as simulações uma quantidade de 40 iterações, calibrando o modelo de modo que cada iteração represente aproximadamente um ano de crescimento. Ou seja, ao final dos processos, o resultado simula um crescimento para um período de cerca de 40 anos, permitindo observar mudanças significativas na morfologia da cidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados nos 3 cenários simulados o crescimento concêntrico e a junção do núcleo principal com o núcleo ao norte, bem como a tendência da urbanização ultrapassar o limite estabelecido pela BR e, a partir daí, continuar se desenvolvendo. Ao norte da cidade há a formação de um vazio urbano, o qual pode se justificar pela existência de uma linha de drenagem, que confere alta resistência ao ambiente natural e que não foi superada pela urbanização em nenhum dos 3 cenários (fig.3).



Figura 3: Células urbanas na iteração 40, simulações 1,2 e 3, respectivamente

No caso da presente pesquisa, que tem por objetivo simular a formação de periferias a partir do crescimento difuso, a principal dificuldade observada foi distinguir as células resultantes das tensões difusas das demais (essas limitações estão sendo resolvidas com o desenvolvimento de uma atualização para o SACI, o CityCell, que atualmente está em testes de finalização). Então, para suprimir essa dificuldade, os fenótipos e carregamentos urbanos das simulações foram

relacionados com outras medidas, tais como resistência natural e centralidade absoluta, que pode estar associada à concentração de facilidades urbanas, indicando qualidade locacional.

Notou-se que os valores da medida de centralidade diminuem no sentido centro-periferia, indicando áreas segregadas sócio-espacialmente na borda da cidade. Porém, houve uma diferença na localização dessas células entre o cenário com predomínio da tensão difusa tipo 1 e do tipo 2. No tipo 2 as novas células urbanas estão localizadas próximas a valores intermediários e inferiores de centralidade, o que pode indicar formação inicial de assentamentos de baixa renda, com carência de equipamentos e facilidades urbanas; enquanto no tipo 1 o crescimento concêntrico é observado através do incremento de novas células em locais próximos a média e alta centralidade.

Os carregamentos urbanos no cenário com predomínio de tensões do tipo 2 apresentam células dispersas com baixo nível de urbanização, se comparadas ao crescimento em torno dos núcleos originais, o que pode estar associado à formação de assentamentos espontâneos, visto que se encontram em locais com baixo valor de centralidade e próximos a células com alta e média resistência natural. No tipo 1 essas novas células urbanas também possuem médio e baixo carregamento urbano, podendo indicar baixa densidade, características da ocupação da média e alta renda.

#### 4 CONCLUSÃO

Os padrões de crescimento apontados representam um importante avanço para estudos de formação de periferia, sendo capaz de inferir locais com maior propensão a sua ocorrência. Todavia a temática necessita de mais estudos para que possa ser implementada operacionalmente como um instrumento efetivo para o planejamento urbano, permitindo o uso dos resultados pelo poder público no auxílio à tomada de decisões para o planejamento urbano, em prol de uma cidade mais sustentável e heterogênea, tendo em vista que as periferias representam áreas problemáticas e segregadas sócio-espacialmente.

#### 5 REFERÊNCIAS

POLIDORI, M. C. **Crescimento urbano e ambiente**: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS-PPGECO, 2004.

BATTY, M. Urban modelling. In: KITCHIN, R.; THIRFT, N. (eds.). **International encyclopedia of human geography**. [S.l.: Elsevier], 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.145.5025&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 23 nov. 2010.