

SIMULAÇÃO DE CRESCIMENTO URBANO E FORMAÇÃO DE PERIFERIAS: O CASO DE PELOTAS, RS, 1985-2010.

TORALLES, Christiano¹; SARAIVA, Marcus Vinícius²; POLIDORI, Maurício³

¹Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel – kicotoralles@gmail.com

²Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel – marcus.saraiva@gmail.com

³Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, PROGRAU, UFPel – mauricio.polidori@terra.com.br

1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos processos socioespaciais relativos às expansões das cidades tem sido associada à formação de núcleos fragmentados e ao crescimento periférico (LIU, 2009). Esse é um fenômeno que consiste em expansões do tecido urbano nas bordas da cidade, principalmente para uso residencial, em uma dinâmica de conversão de áreas naturais (ou rurais) em áreas urbanas (CZAMANSKI *et al.*, 2008). O problema da segregação urbana está associado a esse fenômeno, podendo ser destacados dois tipos de formação periférica: a) a periferação, relacionada à concentração de população de baixa renda (BARROS, 2004); b) as urbanizações fechadas, relacionadas aos núcleos residenciais para rendas superiores (BUZAI e MARCOS, 2012).

Com o desenvolvimento da computação e a crescente ampliação de sua capacidade de armazenamento e processamento de dados, foi possível a ampliação do campo de estudos sobre dimensão morfológica dos processos de crescimento das cidades, através de técnicas de modelagem e simulação urbana, com suporte em geotecnologias (BARROS, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2007). Nesse caminho, o objetivo da investigação é explorar as relações entre a morfologia urbana e as dinâmicas do crescimento periférico, a partir de padrões relativos à produção do tecido das periferias. Para isso estão propostas rotinas dedicadas ao fenômeno e implementadas no modelo de crescimento urbano implementado no *software CityCell*, através da técnica de autômatos. As rotinas consideram as hipóteses de relação das periferias com concentração de facilidades urbanas e de estoques construídos (densidade), características do ambiente natural e relações de vizinhança, e estão aplicadas ao caso da cidade de Pelotas, RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Com abordagem no campo da morfologia e modelagem urbana, a investigação faz uso da técnica de autômatos celulares (*cellular automata* - CA). Essa técnica permite simular processos onde ações locais geram reflexos de ordem global (BATTY, 2005) e é usada para replicar os processos socioespaciais de crescimento urbano, com foco no crescimento periférico. Nesse caminho, é utilizado o *software CityCell – Urban Growth Simulator*, desenvolvido pela equipe do Laboratório de Urbanismo da UFPel, para atualização do modelo SACI (POLIDORI, 2004). O *CityCell* integra CA e SIG em um modelo urbano dinâmico, que considera atributos urbanos, naturais e institucionais (políticas públicas), através de medidas de centralidade e potencial (KRAFTA, 1994) e de resistências à urbanização acumuladas.

No modelo, a cidade e o ambiente natural são representados através de um *grid* celular bidimensional, ao qual são atribuídos os atributos (variáveis espaciais que sejam consideradas relevantes). O crescimento urbano é reproduzido a partir

da distribuição de cinco tipos diferentes de tensões (axial, axial de *buffer*, polar, difusa 1 e difusa 2), que representam diferentes lógicas de crescimento urbano. Visando os objetivos da pesquisa e de modo a contribuir com o *CityCell*, são propostas rotinas de modelagem e simulação, que se constituem em uma espécie de protótipo de regra de transição para CA, dedicadas ao crescimento periférico. Essa regra é chamada de Tendência de Crescimento Periférico (TCP) e, para seu cálculo, são necessárias 3 informações prévias, relacionadas às hipóteses de pesquisa: 1) a localização dos núcleos de periferação e de urbanizações fechadas preexistentes, chamadas de máscaras, que possibilitam a consideração das relações de similaridade socioeconômica de vizinhança e de repulsa aos tipos diferentes; 2) o indicador de facilidade urbanas, obtido a partir do *output* da medida de centralidade, calculada pela regra padrão do *CityCell*; 3) e o indicador de estoques construídos, obtido a partir do *output* da medida de carregamentos urbanos. As características do ambiente natural são consideradas no cálculo das tensões difusas 1 e 2. A Figura 1 mostra os dados de *input* do modelo.

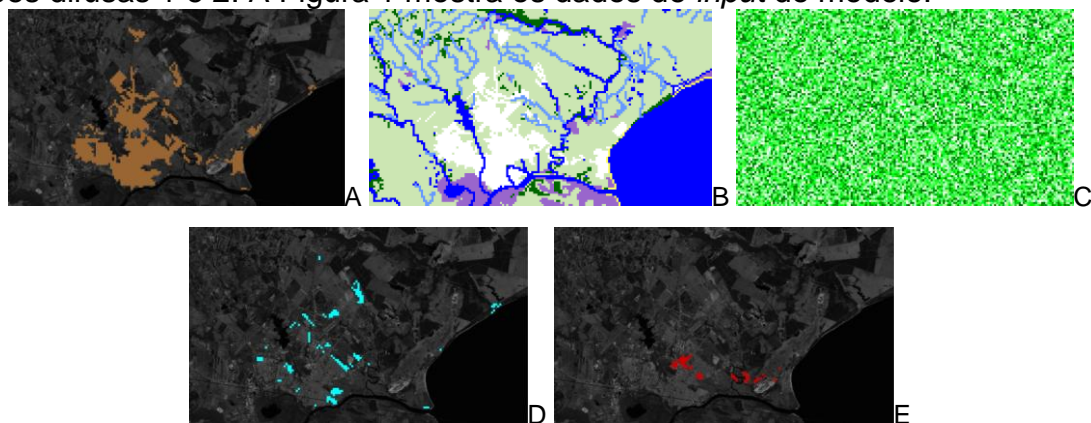


Figura 1: Dados de entrada no modelo para cidade de Pelotas, 1985: A) atributos urbanos; B) atributos naturais; C) resistências aleatórias; D) periferação; E) urbanizações fechadas.

A TCP é composta pelo cálculo das seguintes tendências: 1) a tendência difusa, que explora a possibilidade da inovação, com a simulação da formação de novos núcleos; 2) a tendência de vizinhança, que explora o *feedback* positivo e a lógica da segregação socioespacial para expansão das periferias preexistentes; 3) a tendência final, que assume os maiores valores das 2 tendências anteriores. A partir da tendência final é realizada a conversão do solo em periferia, correspondentes ao percentual de cada tipo na estrutura da cidade. As células convertidas são adicionadas às máscaras das preexistências, retroalimentando e gerando dinâmica ao modelo.

Como delineamento experimental está proposto um estudo de caso para a cidade de Pelotas, RS. A legitimação dos resultados é verificada através da comparação entre a iteração final da simulação, no período 1985-2010, e um cenário de controle correspondente à realidade, em 2010. Para comparação são utilizadas correlações espaciais e medidas de manchas. As últimas são obtidas através da extensão *Patch Analyst*, do software *ArcGIS 9.3*, a qual incorpora o *Fragstats* (MCGARIGAL e MARKS, 1994), que é um conjunto de equações para a avaliação quantitativa da distribuição de manchas em uma paisagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para testar as hipóteses de investigação com a regra TCP, para o caso de Pelotas, estão realizadas 12 simulações, sendo aqui apresentado o melhor

resultado dessa série. De modo a demonstrar resumidamente o comportamento das TCP, na Figura 2 são apresentados os *outputs* das máscaras dos dois tipos de periferias, mostrando a dinâmica de mudança com a retroalimentação das preexistências.

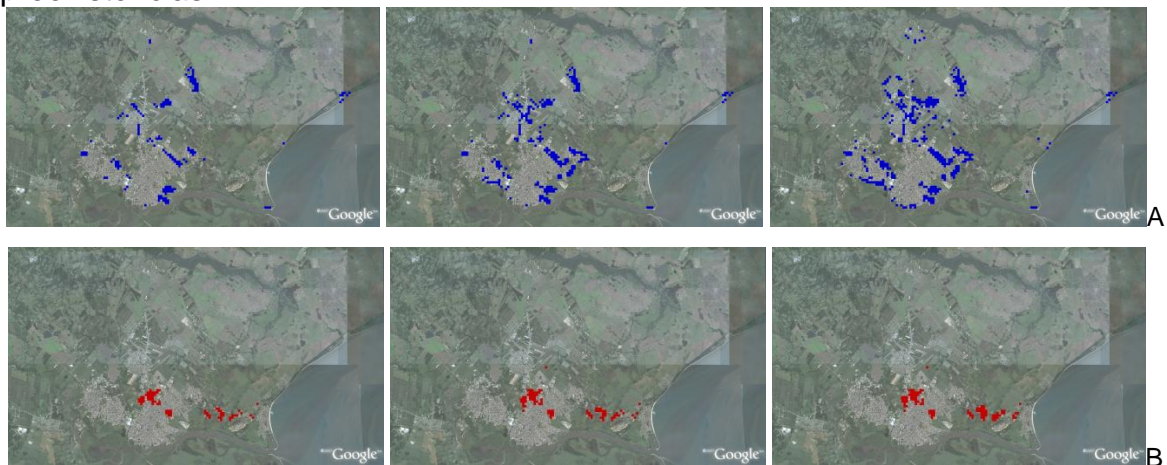


Figura 2: *Outputs* de máscaras dos tipos de periferias para o caso de Pelotas, RS, entre 1985 e 2010, nas iterações 1, 15 e 25: A) periferização; B) urbanizações fechadas.

Quando comparadas as novas células geradas pelas simulações frente ao cenário de controle (Fig. 03), os resultados encontrados mostram correlações consideradas baixas, indicando aleatoriedade na localização das periferias simuladas. Para periferização, a média das 12 simulações apresentou valor 0,125 e o melhor resultado teve valor 0,16. Já para urbanizações fechadas, a média teve valor de 0,185 e o melhor resultado 0,25. Muitas das células simuladas surgem ao lado daquelas correspondentes à realidade, onde há semelhança dos fatores envolvidos nos cálculos, principalmente para urbanizações fechadas.

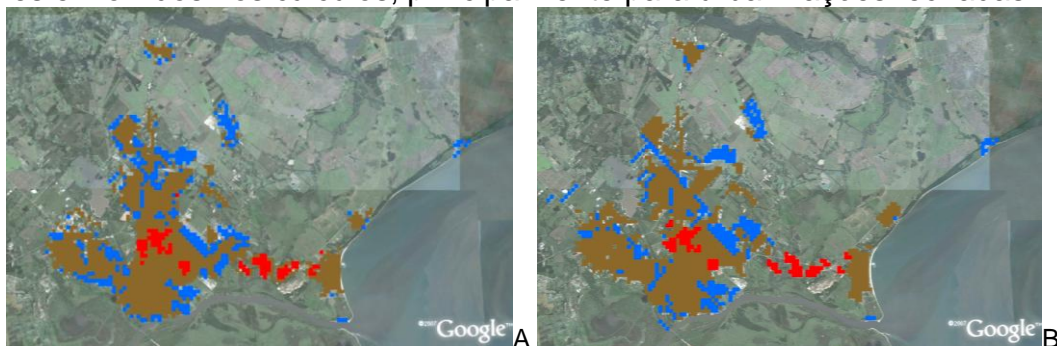


Figura 3: Síntese dos resultados para o caso de Pelotas, RS: A) iteração 25 da simulação; B) cenário de controle de 2010. Células urbanas em marrom, periferização em azul e urbanizações fechadas em vermelho.

Quanto às medidas de manchas, os resultados encontrados nas 12 medidas usadas apresentam valores próximos do índice 1 (acerto total) em todas as 12 simulações. Apenas para o caso da periferização são encontradas 2 medidas de manchas com resultados considerados medianos. No geral, há alto índice de acerto da forma urbana das periferias simuladas. O resultado para urbanizações fechadas mostra crescimento dos núcleos preexistentes e surgimento de novos núcleos menores, semelhante à realidade. Para periferização, o padrão formal simulado apresenta acerto nas 3 formas encontradas na realidade: núcleos com grande área; núcleos com formato linear; e pequenos núcleos de poucas células, espalhados pelas bordas urbanas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados mostram baixo acerto locacional nos dois tipos de periferias. Entretanto, principalmente para urbanizações fechadas, os resultados simulados são próximos, em localização, das células do cenário de controle. No que tange à forma urbana simulada, a inclusão das periferias preexistentes e suas relações de vizinhanças, não existentes nos procedimentos do *CityCell*, conferem ganhos ao método. A partir dos resultados das medidas de manchas, é possível verificar alto índice de acerto nos padrões formais, que podem estar associados aos conceitos usados na construção do protótipo da nova regra. São eles: 1) as tendências difusas possibilitam a simulação do surgimento de novas periferias, replicando o padrão de núcleos menores nas bordas da cidade; 2) as tendências de vizinhança permitem a simulação do processo de expansão nas proximidades das preexistências, replicando o padrão de núcleos de tamanho maior; 3) a repulsa aos tipos diferentes possibilita simular a segregação socioespacial; 4) a retroalimentação das máscaras permite que novos núcleos se insiram no processo dinâmico, sendo expandidos e gerando repulsa nas suas vizinhanças.

Novos estudos são necessários para se aproximar de um maior acerto na localização das periferias. Espera-se que, a partir disso, seja possível a exploração de cenários de futuro, potencializando a discussão sobre o crescimento periférico e contribuindo para consolidar o modelo como ferramenta científica, podendo auxiliar em processos de tomada de decisão para o planejamento urbano e ambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.M.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. (orgs.). **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BARROS, J.X.. **Urban growth in latin american cities: exploring urban dynamics through agent-based simulation**. 2004. Tese (Doutorado em Urban Planning) – University of London.
- BATTY, M. **Cities and complexity: understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals**. Cambridge: The MIT Press, 2005.
- BUZAI, G. D., MARCOS, M. The social map of Greater Buenos Aires as empirical evidence of urban models. In: **Journal of Latin American Geography**, vol. 11, n. 1, 2012, Conference of Latin Americanist Geographers. [s.l.: s.n.], 2012.
- CZAMANSKI, D. et al. Urban sprawl and ecosystems: can nature survive? In: **International review of environmental and resource economics**. [s.l.: s.n.], 2008. p. 321-366.
- KRAFTA, R. Modelling intraurban configurational development. In: **Environment and planning B: planning and desing**. Vol. 21. Londres: Pion, 1994.
- LIU, Y. **Modelling urban development with geographical information systems and cellular automata**. Boca Raton, EUA: CRC Press, 2009.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Version 2.0. [s.l.: s.n.], 1994.
- POLIDORI, M.C. **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade**. 2004. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.