



## **SIMULAÇÃO DE CRESCIMENTO URBANO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL**

BRETANHA, Rodolpho Meroni; GONÇALVES, Natália Borges; POLIDORI, Maurício Couto

UFPEL, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Rua Benjamim Constant, 1395 – Campus Porto – Pelotas/RS  
[rodolphobretanha@pop.com.br](mailto:rodolphobretanha@pop.com.br); [natborges@hotmail.com](mailto:natborges@hotmail.com);  
[mauricio.polidori@terra.com.br](mailto:mauricio.polidori@terra.com.br)

### **1. INTRODUÇÃO**

O trabalho tem por objetivo simular o crescimento e fazer análise comparativa entre cidades pequenas no sul do Brasil, com os casos de Santa Vitória do Palmar e de São Lourenço do Sul, com destaque para os papéis exercidos por fatores naturais na morfologia das áreas efetivamente urbanizadas, particularmente no caso do sistema hídrico e da cobertura vegetal. Para o desenvolvimento deste trabalho, será usado um modelo dinâmico de simulação do crescimento urbano (SACI<sup>®</sup> - Simulador do Ambiente da Cidade), o qual considera integradamente fatores urbanos, naturais e institucionais, promovendo simultaneidade entre crescimento externo e interno a um espaço urbano preexistente. Esse crescimento é representado e modelado através de grafos, autômato celular e geotecnologias, sendo que o programa é implantado em plataforma SIG - Sistema de Informações Geográficas. Testes preliminares indicam que a proteção dos fatores naturais, particularmente representados pelos recursos hídricos, podem implicar em morfologias urbanas menos compactas e com maior possibilidade de relacionamento com os espaços abertos, resultados em urbanizações mais difusas, com maiores possibilidades de proteção dos fatores naturais. De um modo geral a investigação pretende discutir relações entre planejamento urbano e ambiental, utilizando para isso mecanismos de simulação e de análise espacial.

### **2. MATERIAL E MÉTODO**

A investigação utiliza dados recolhidos no decorrer de projetos de extensão, sendo estes usados nas simulações. Para isso serão usados recursos de modelos, grafos, autômatos celulares, SIG e geocomputação.

Modelo é a representação de um sistema, obtida por meio de linguagens matemática, lógica e gráfica, segundo uma ou mais teorias (Almeida, Câmara e Monteiro, 2007). Grafo pode ser considerado como um conjunto finito de elementos

ou vértices, conectados por arestas ou arcos; diversas medidas podem ser tomadas de um grafo, como conectividade, centralidade ou acessibilidade (Sánchez, 1998). Autômatos celulares são definidos como uma grade regular uniforme, com variável discreta em cada célula; evolui, em tempo também discreto, sendo o valor da variável afetado pelas células vizinhas; atualizações são sincronizadas e baseadas numa regra local (Wolfram, 1983). SIG (Sistema de Informação Geográfica) utiliza representações vetoriais e raster, associando dados tabulares aos espaciais; unificando as duas representações, é possível uma integração entre grafos e CA (Câmara, 1996). Geocomputação é uma abordagem científica do uso das diferentes informações e ferramentas geográfico-espaciais (Ehlen, Caldwell e Harding, 2002).

O modelo de crescimento assume que a cidade cresce em função de concentrações diferenciadas da medida de centralidade, que opera como uma representante da distribuição de facilidades urbanas, informadas pelos fatores urbanos, naturais e institucionais. No ambiente celular, acumulam crescimento as células de menor centralidade em relação às suas vizinhas, provocando mudanças a cada iteração do modelo, numa aproximação à evolução possível e esperada nas cidades. Esse método tem sido legitimado no Rio Grande do Sul em diversos experimentos, como no caso de Barra do Ribeiro, de Pelotas, de Santa Maria, de São Lourenço do Sul e de Torres.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As simulações em Santa Vitória do Palmar utilizam como input mapas temáticos em formato de grids, como apresentado a seguir.

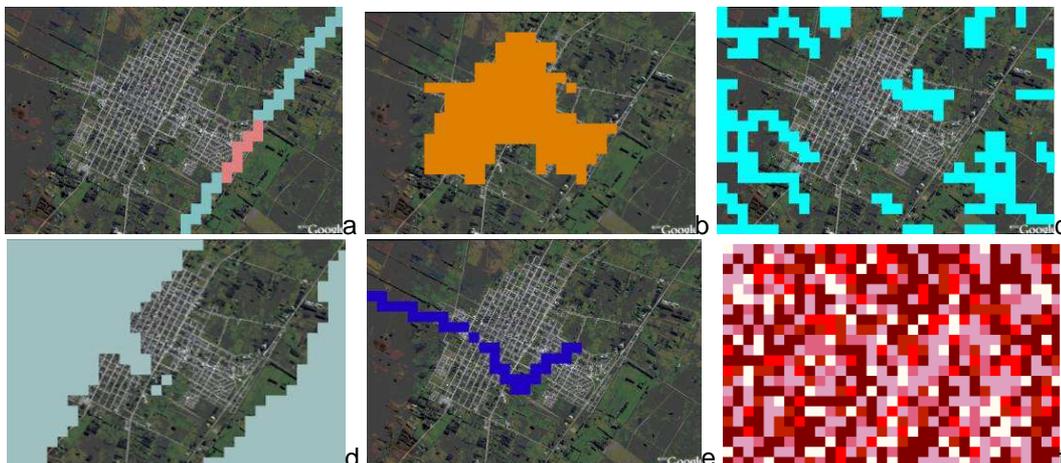


Fig1. Dados de entrada para a simulação, no caso de Santa Vitória do Palmar : a) BR; b) área efetivamente urbanizada; c) linhas de drenagem; d) altitudes; e) rio; f) grid randômico.

A pesquisa busca explorar possibilidades sobre a ação do ambiente natural no crescimento das cidades, notadamente do aspecto dos recursos hídricos, para o que foram escolhidos os fatores linhas de drenagem, altitudes e rio, o qual foi utilizado de modo discreto, por estar parcialmente canalizado, na busca de descobrir sua importância no desenvolvimento da área. Foram então delineados os seguintes experimentos:

- Processo 1: considerando que todos os fatores podem ser modificados pela urbanização, o que serve como controle para as demais simulações;

- Processo 2: considerando que as áreas baixas e as linhas de drenagem naturais não podem ser urbanizadas;
- Processo 3: considerando que, além das áreas baixas e as linhas de drenagem naturais, o rio também não pode ser urbanizado.

Uma síntese das simulações está a seguir, nas figuras 2, 3 e 4, mostrando o crescimento da área efetivamente urbanizada, nas próximas quatro décadas.

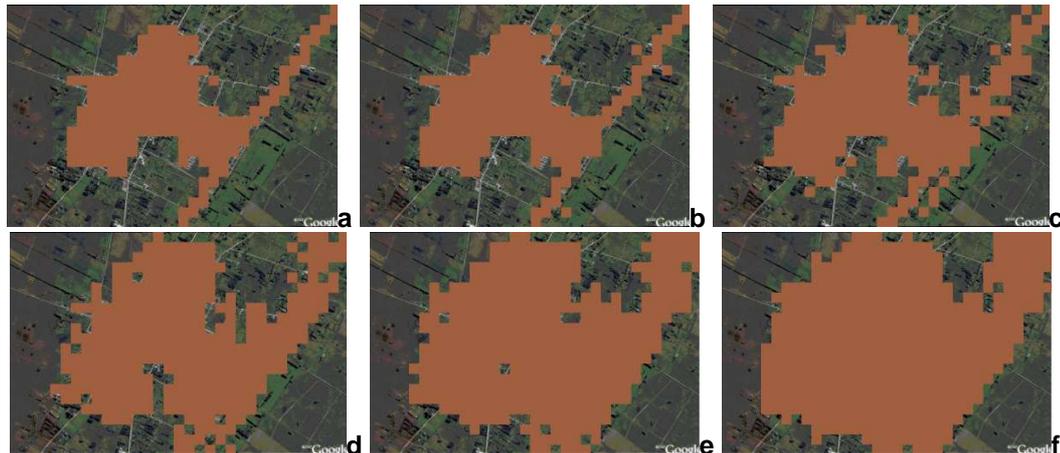


Fig2. Processo 1: dados de saída para a evolução da área efetivamente urbanizada, para o caso de todos os fatores poderem ser modificados pela urbanização: a) ano 1 ; b) ano 7; c) ano 14; d) ano 21; e) ano 28; f) ano 35.

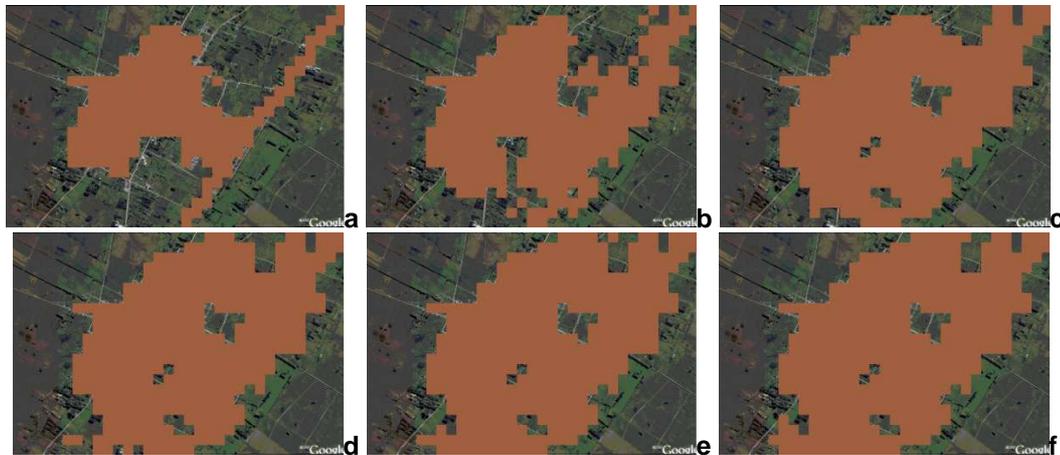


Fig3. Processo 2: dados de saída para a evolução da área efetivamente urbanizada, para o caso de proteção de áreas baixas e de linhas de drenagem naturais: a) ano 1; b) ano 7; c) ano 14; d) ano 21; e) ano 28; f) ano 35.

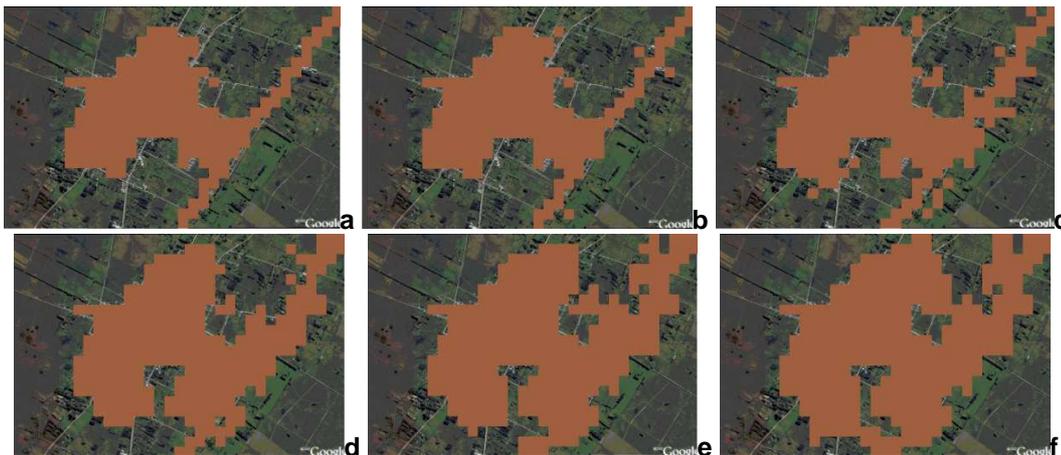


Fig3. Processo 3: dados para a evolução da área efetivamente urbanizada, para o caso de proteção do rio, além de áreas baixas e de linhas de drenagem naturais: a) ano 1; b) ano 7; c) ano 14; d) ano 21; e) ano 28; f) ano 35.

## 4. CONCLUSÃO

Especificamente com relação ao efeito da proteção dos recursos hídricos, podem ser feitas as seguintes observações principais:

- a) as simulações sem proteção dos recursos hídricos implicam em cidades mais compactas e ausentes de áreas abertas no seu interior, como aparece no Processo 1;
- b) a proteção das linhas de drenagem oportuniza o aparecimento de áreas internas abertas, sem urbanização, tornando a cidade mais permeável e aumentando as interfaces entre cidade e espaços abertos, como aparece no Processo 2;
- c) no caso da proteção do rio o efeito de aparecimento de áreas abertas é aumentado, com maior presença de espaços abertos na cidade, resultando numa morfologia urbana menos compacta e mais difusa, supostamente ocupando o território de modo mais integrado com o ambiente natural, como aparece no Processo 3.

De um modo geral, até agora a investigação vem apontando dois papéis simultâneos para os fatores naturais, neste trabalho estudados através dos recursos hídricos, podendo ser modificados pela urbanização (Processo 1) ou sendo preservados (Processos 2 e 3):

- a) resistência à urbanização, por exigirem esforços diferenciados, normalmente representados pela sua transformação;
- b) atração de urbanização, o que é esperado em situações de contigüidade entre áreas naturais e efetivamente urbanizadas.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Cláudia Maria; CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel (2007). **Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos. 368 p.

CÂMARA, Gilberto et al. (1996). **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica: Geoprocessamento. Introdução**. Campinas: Instituto de Computação - Unicamp.

EHLEN, Judy; CALDWELL, Douglas; HARDING, Stephen (2002). **GeoComputation: what is it?** Computers, Environment and Urban Systems v.26. p. 257-265. [ disponível em 31 de agosto de 2006 <http://www.geocomputation.ecnu.edu.cn/download/7.pdf> ]

SÁNCHEZ, Darío C. (1998). Teoría de grafos aplicada a redes naturales y antrópicas. In: MATTEUCCI, Silvia Diana e BUZAI, Gustavo D. (Ed.). **Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial**. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires. p. 321-345.

WOLFRAN, Stephen (1983). **The statistical mechanics of cellular automata**. Review of Modern Physics, 55:601-643. [ disponível em 03 de novembro de 2003 em <http://www.stephenwolfran.com/publications/articles/ca/> ]