
O software SACI e o crescimento urbano integrado ao ambiente natural

Otávio M. Peres¹, Maurício C. Polidori²

1,2 Laboratório de Urbanismo – FAUrb - Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

Rua Benjamin Constant, 1359 – Sala 109 – CEP 96010-020 – Pelotas-RS

otmperes@gmail.com, mauricio.polidori@terra.com.br

Resumo. O software SACI – Simulador do Ambiente da Cidade realiza a implementação de um modelo de simulação de crescimento urbano baseado na teoria de grafos, autômato celular e geotecnologias. O modelo tem sido utilizado para explorar a interface entre o crescimento urbano e o ambiente natural. Funciona em ambiente de SIG, mediante núcleo de processamento em C++ e recursos de software de geoprocessamento. Os resultados podem auxiliar em processos de planejamento urbano, apoiando sistemas de suporte à decisão.

Palavras-chave: crescimento urbano; modelagem urbana; fatores urbanos e naturais.

Abstract. *The software SACI - Simulador do Ambiente da Cidade (City Environment Simulator) carries the implementation of a urban growth model based on Graph Theory, Cellular Automata and geotechnologies. The model has been used to explore the problematic interface between natural environment and urban process and their use can assist in urban planning and decision support.*

Keywords: *urban growth; urban and natural factors; urban modeling.*

Introdução

Estudos dedicados à dinâmica urbana consideram que a cidade está em permanente mudança, onde se alteram conjuntamente a cidade e a paisagem, provocando uma modificação no conjunto que integra, o que pode ser chamado de crescimento urbano. O avanço da urbanização sobre o meio natural tem causado a degradação progressiva das áreas de mananciais remanescentes e o crescimento da cidade nos países em desenvolvimento afeta diretamente os recursos naturais.

A tradição do planejamento do espaço da cidade tem sido a de trabalhar com a separação entre a cidade e o ambiente natural, entre o espaço urbanizado e o não urbanizado, pois enquanto que a maioria dos estudos de urbanismo limita-se às áreas construídas, as abordagens do planejamento ambiental têm dificuldade para incluir a realidade e a influência da cidade (Santos, 2004). Entretanto, abordagens integradas podem qualificar a compreensão da cidade e da paisagem, bem como melhorar conceitos e práticas de planejamento urbano e ambiental (Polidori, 2004), o que pode ser atingido de forma dedicada a estudos a partir de modelos que abordem a complexidade das interações urbano-ecológicas (Alberti, 1999).

Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar o software SACI – Simulador do Ambiente da Cidade, desenvolvido por Granero e Polidori (2002). O SACI é construído a partir da idéia de uso conjunto de teoria de grafos, autômato celular, geotecnologias e modelagem adaptativa, surgindo como uma possibilidade de abordar a dinâmica do crescimento urbano de forma integrada à preservação do ambiente natural.

O software SACI - Simulador do Ambiente da Cidade

Com o propósito de avançar no campo do conhecimento da configuração espacial urbana, com ênfase nas relações cidade-ambiente, Polidori (2004) propõe um modelo de simulação de crescimento urbano que avance sobre as limitações dos modelos baseados na lógica dos CA (*Cellular Automata*). O Simulador do Ambiente da Cidade (SACI) foi elaborado a partir da tese de doutorado “Crescimento Urbano e Ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro das cidades”, defendida no Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O SACI destaca-se principalmente por: a) desenvolver possibilidades de modelagem dinâmica, identificadas a partir do modelo de Potencial-centralidade (Krafta, 1999); b) permitir o livre ingresso de variáveis do ambiente natural nos trabalhos de modelagem; c) capturar o processo de crescimento externo e interno, simultaneamente; d) carrear recursos de SIG – sistema de informações geográficas e geocomputação nos exercícios de simulação pretendidos.

O modelo de crescimento urbano é construído a partir da idéia de uso conjunto de teoria de grafos, autômato celular, geotecnologias e modelagem adaptativa (respectivamente Torrens, 2000; Buzai, 1999). O uso conjunto de grafos e autômato celular implica na construção de um modelo híbrido, onde os resultados recebem simultaneamente influências de relações globais e locais do sistema urbano, pois enquanto CAs trabalham com as relações espaciais e suas relações de vizinhança, grafos trabalham com as conexões entre diversas unidades espaciais sendo recorrente o uso pela teoria urbana onde são extraídas medidas como conectividade, acessibilidade, controle ou centralidade (Hillier, 1998; Krafta, 1999). Da associação entre a teoria dos grafos e os CAs, simultaneamente tornam-se fundamentais as técnicas de representação vetorial e raster, o que diretamente sugerem ao SACI operar com recursos dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os recursos de SIG facilitam a aquisição de informações por recursos de sensoriamento remoto, possibilitam diversas formas de ingresso e armazenamento de dados, bem como possibilitam recursos de processamento do modelo de simulação (Longley et al, 2004).

A operacionalidade do modelo de simulação de crescimento urbano se dá através da implementação em um software (SACI – Simulador do Ambiente da Cidade®), construído como um aplicativo de uma plataforma de SIG. O SACI está escrito mediante a integração da linguagem de programação C++ com o software ArcView, acrescido da extensão Spatial Analyst (marcas registradas da ESRI), que se encarregam de implementar as demandas do modelo de simulação de crescimento e de construir a interface de comunicação com o usuário.

O processo de simulação do crescimento urbano através do SACI está baseado nas tradicionais etapas de delimitação do sistema, definição do nível de desagregação e entitação (Wilson, 1985), continuando com as regras de transição e os procedimentos para geração de resultados. Neste sentido, a operação do modelo passa pelas seguintes etapas: a) entrada dos dados – inputs (Figuras 1.a e 1.b, ao final), onde o território é representado a partir de um ambiente celular onde são descritos os atributos utilizados na simulação; b) parametrização e processamento, onde o modelo pode ser parametrizado a partir dos atributos ambientais ou a partir das regras de crescimento; c) obtenção dos resultados ou outputs (Figuras 2.a e 2.b, também ao final), os quais ocorrem a através de dados tabulares no formato de tabelas, ou dados gráficos no formato de *grids*.

O modelo assume como base espacial um grid bidimensional regular com células quadradas de tamanho fixo, o qual pode ser arbitrado, onde se dará tanto a base para input

de variáveis quanto o nível de resolução dos outputs. A partir da delimitação do grid base modelo permite a livre inclusão de variáveis do tipo urbano, natural ou institucional, as quais podem assumir dois diferentes papéis no processo de crescimento: a) carregamentos; b) resistências. Assim, no ambiente celular do SACI cada célula representa uma espécie de caixa que carrega atributos do ambiente urbano e natural simultaneamente (conforme ilustrado na figura 3, ao final), possibilitando que o grid seja diferenciado espacialmente (Krafta, 1999). Sendo o ambiente diferenciado espacialmente, onde fatores do ambiente natural atuam como resistência e carregamentos urbanos produzem tensões de crescimento urbano, para melhor replicar a forma que as cidades crescem o modelo também possibilita a parametrização do modo em que ocorre a distribuição dos carregamentos excedentes decorrentes da relação entre um par de células no espaço. Neste sentido são replicadas formas clássicas em que decorre o crescimento das cidades: a) ao longo de caminhos, estradas ou percursos (axial); b) concêntrico ao redor de um núcleo (polar ou buffer); c) espontâneo, imprevisível, decorrente da produção social do espaço (difuso).

A partir do SACI resultados podem ser extraídos a partir de grids, permitindo tanto análises gráficas, associadas à ciência qualitativa, quanto análises tabulares, associadas à ciência quantitativa. Destaca-se também as medidas de compacidade e fragmentação disponibilizadas pelo SACI, pois como vem sendo afirmado neste trabalho, são estes possíveis indicadores morfológicos potenciais na captura de indicadores da sustentabilidade urbana. Por fim, o SACI é indicado por ser um modelo de crescimento urbano com tecnologia local que permite experimentos com modelagem de crescimento urbano, podendo ser aplicados tanto em ambiente abstratos, onde experimentos científicos ocorrem com maior controle dos dados de entrada e a visualização do fenômeno é facilitada; ou simulações de situações concretas, onde simulações da evolução urbana de cidades reais podem ser confrontadas com dados documentais que permitam a parametrização, calibração e validação científica por análises comparadas.

Conclusões

Estudos anteriores realizados com sucesso com o SACI (Polidori, 2004; Polidori e Krafta, 2003), bem como argumentos mais recentes através de pesquisas ainda em andamento (Peres e Polidori, 2009), nos permitem levantar as seguintes questões:

- a) do modelo de crescimento residente no SACI pode ser destacado a propriedade de ser aberto quanto a localidade, resolução e inclusão de variáveis e regras de crescimento; capturar simultaneamente crescimento urbano interno e externo; articular as técnicas de grafos e autômatos celulares; integrar fatores do ambiente urbano, ambiental e institucional;
- b) o *software* é peça fundamental no processo de modelagem urbana, particularmente pela capacidade de processamento de uma grande quantidade de variáveis envolvidas no processo de crescimento urbano;
- c) estudos de modelagem que abordem a complexidade do sistema urbano-ambiental possibilitam integrar campos do conhecimento tradicionalmente abordados separadamente, como o caso do urbanismo, ecologia e computação;
- d) embora trabalhos preliminares com o SACI já tenham sido elaborados com sucesso, experiências com o modelo devem ter continuidade na sua aplicação e desenvolvimento no ambiente da pesquisa científica e acadêmica. Neste sentido, estudos dedicados a explorar as potencialidades de integração urbano-ambiental ainda é um campo a ser explorado;

e) atualmente, o *software* SACI apresenta uma limitação operacional, uma vez que funciona como uma extensão do ArcView, programa substituído pela ESRI pela versão ArcGIS. Isso tem sugerido a necessidade de atualização do SACI para uma versão compatível com os produtos atuais de geoprocessamento, ou através da construção de um *software* que opere separadamente, diminuindo a incompatibilidade com futuras versões de sistemas operacionais ou *softwares* de geoprocessamento.

Referências

- ALBERTI, Marina (1999). **Modeling the urban ecosystem: a conceptual framework.** In: Environment and Planning B – Planning and Design v. 26. London: Pion. p. 605-630.
- BUZAI, Gustavo D. (1999). **Geografía global: el paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario em la interpretación del mundo del siglo XXI.** Buenos Aires: Lugar Editorial. 216 p.
- GRANERO, Juliano e POLIDORI, Maurício C. (2002). **Simulador da dinâmica espacial com representação em um ambiente SIG.** Anais do IV Simpósio Brasileiro de GeoInformática. Caxambú.
- HILLIER, Bill (1998). **The common language of space: a way of looking at the social, economic and environmental functioning of cities on a common basis.** London: UCL/Bartlett School of Graduate Studies. 23 p.
- KRAFTA, Romulo (1999). **Spatial self-organization and the production of the city.** Urbana 24. Caracas: IFA/LUZ. p. 49-62.
- LONGLEY, Paul et al. (2004) **Geographic Information Systems and Science.** John Wiley & Sons, Ltd. 539 p.
- PERES, Otávio e POLIDORI, Maurício (2009). **Modelagem Urbana e Cidades Visuais: fundamentos e convergências.** A ser publicado nos Anais do XIII Encontro Nacional da ANPUR. Florianópolis: ANPUR. 18 p.
- POLIDORI, Maurício C. (2004). **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade.** Tese de Doutorado. Porto Alegre: UFRGS – PPGECO. 352p.
- POLIDORI, Maurício C. e KRAFTA, Romulo (2003). **Crescimento urbano – Fragmentação e sustentabilidade.** Anais X Encontro Nacional da ANPUR. Belo Horizonte: ANPUR. 13 p.
- SANTOS, Rosely (2004). **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos.
- TORRENS, Paul (2000). **How cellular models of urban systems work.** London: Casa, UCL. 68 p. [disponível em 8 de dezembro de 2001 em <http://casa.ucl.ac.uk>]

Figuras

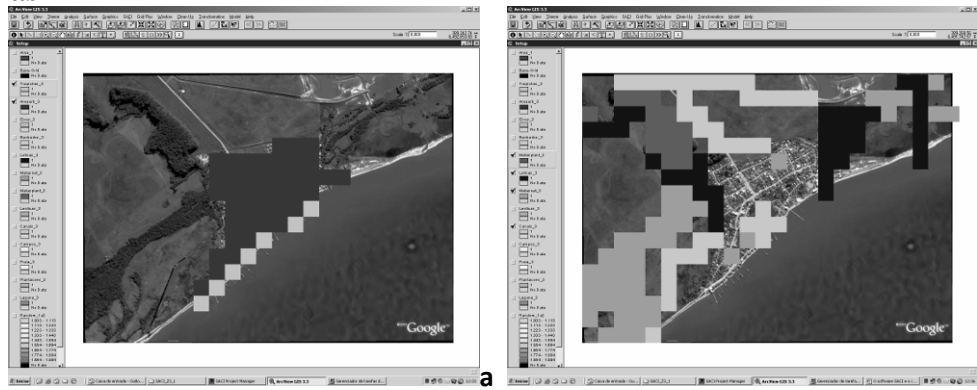


Figura 1. Exemplos de dados de input do SACI, na Colônia de Pescadores Z3, em Pelotas, RS: a) atributos do ambiente urbano (área efetivamente urbanizada e trapiches); b) atributos do ambiente natural (arroyos, canais, matas nativas e matas plantadas).

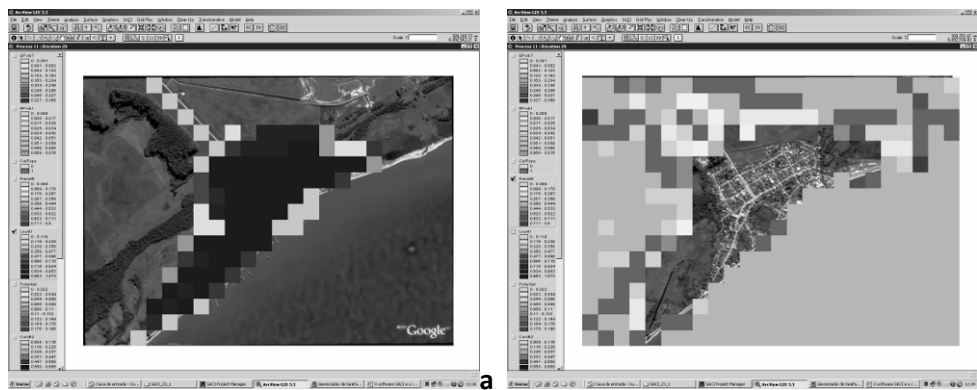


Figura 2. Exemplos de output do SACI, na Colônia de Pescadores Z3, em Pelotas, RS: a) estoques construídos, representando as construções e as externalidades urbanas (em hierarquia de cinzas); b) conjunto dos atributos naturais (também em hierarquia de cinzas).

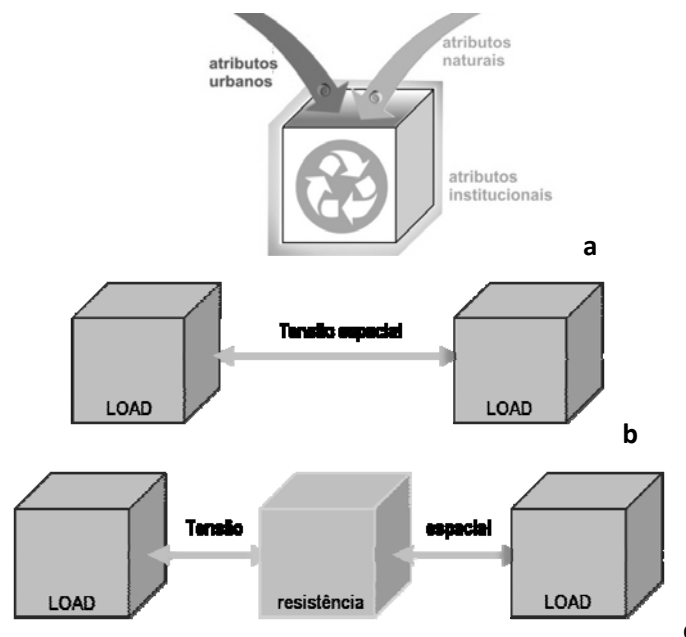


Figura 3: Diferenciação Espacial Celular do SACI a) célula com carregamento urbano e natural, simultâneos; b) par de células capazes de gerar uma tensão de crescimento; c) resistência ambiental ao crescimento dada por carregamentos naturais.