

SIMULAÇÃO de CRESCIMENTO, FORMA URBANA, FRAGMENTAÇÃO e SUSTENTABILIDADE

M.C. Polidori, O.M. Peres, M.V. Saraiva, C.P. Toralles e F. Tomiello

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Brasil

mauricio.polidori@terra.com.br

Resumo

O trabalho apresenta um modelo de simulação de crescimento urbano e uma aplicação para verificar relações entre forma da cidade, fragmentação e sustentabilidade. O modelo trabalha conjuntamente atributos urbanos e naturais, simula crescimento interno e externo simultaneamente e está operacionalizado com apoio em teoria de grafos, autômato celular e geotecnologias. O conceito de sustentabilidade está associado à permanência das estruturas urbanas no tempo e considera a existência de limites ao crescimento urbano, a produção de problemas ambientais intra-urbanos, a formação de periferias, a formação de vazios, a conservação de áreas portadoras de atributos naturais, o uso de recursos naturais escassos, a valorização dos remanescentes naturais, a preservação do patrimônio construído e a qualificação do sistema de circulação urbana. Os resultados questionam as hipóteses de que cidades mais compactas e menos fragmentadas são mais sustentáveis do que as menos compactas e mais fragmentadas, o que pode ser observado em experimentos de simulação de crescimento com o caso da cidade de Pelotas, no Brasil.

Palavras-chave: simulação de crescimento urbano; fragmentação; sustentabilidade.

1 Introdução

O trabalho apresenta um modelo de simulação de crescimento urbano, o qual trabalha conjuntamente atributos naturais, urbanos e institucionais, simula crescimento interno e externo simultaneamente e está operacionalizado com apoio em teoria de grafos, autômato celular – AC e geotecnologias (Polidori e Krafta, 2005). Através desse modelo são realizados exercícios de modelagem que consideram idéias de sustentabilidade urbana associadas à permanência das cidades no tempo (Portugali, 2000), através das quais é assumida a existência de limites ao crescimento urbano, a produção de problemas ambientais intra-urbanos no processo de urbanização, a formação de periferias, a formação de vazios, a conservação de áreas portadoras de atributos naturais, o uso de recursos naturais escassos, a valorização dos remanescentes naturais, a preservação do patrimônio construído e a qualificação do sistema de circulação urbana. Os resultados questionam a idéia de que cidades mais compactas e menos fragmentadas são mais sustentáveis do que as menos compactas e mais fragmentadas, para o que estão apresentados dois trabalhos de simulação de crescimento urbano.

As noções de sustentabilidade referidas à cidade estão freqüentemente associadas a idéias de escassez de recursos, de não-poluição, de diminuição ou de extinção, centrando-se os argumentos na necessidade de permanência de recursos ou de qualidade de vida adequada para as próximas gerações (Carvalho e Romero, 1999). Apesar disso, as cidades vêm perdurando e crescendo ao longo da história, tanto em tamanho como em quantidade (Santos, 1988; Gonçalves, 1989; Batty, 2002). É

fato que desde as primeiras aglomerações urbanas, há milhares de anos, a cidade vem-se firmando como um dos processos mais permanentes que a sociedade conheceu, resistindo a mudanças energéticas, econômicas, políticas, culturais e ideológicas (Lamas, 1993; Portugali, 2000). Mais ainda, é patente o fenômeno de urbanização que se apresenta no mundo, particularmente nos países em desenvolvimento, onde é conhecida a tendência de concentração em centros urbanos, associada à formação de extensas periferias a ao crescimento populacional (Campos Filho, 1989; Moreira, 1995; Andrade e Serra, 1997). Ademais, não há evidências de que a cidade possa ser suplantada por outra forma de ocupação do território e controle do ambiente humano, podendo-se dizer então que a cidade, sob o ponto de vista estrutural, vem experimentando cabal continuidade histórica e durabilidade (Pena-Veja, 2003), podendo seu desaparecimento ser considerado como caso de exceção (Argan, 1991).

2 Modelando crescimento urbano

O modelo de simulação utilizado (Polidori, 2004) assume como base espacial um ambiente com células quadradas, resolvida como um grid bidimensional de um sistema de informações geográficas – SIG, com características operacionais de um autômato celular - AC (Batty, Couclelis e Eichen, 1997), o que pode ser produzido a partir de produtos de aerofotogrametria, imagens de satélite, cartas geográficas escaneadas ou mapas vetoriais. É assumido então que entre cada par de células que possui alguma característica urbana (carregamento) desenvolve-se uma tensão, como nos modelos de Centralidade e Desempenho (Krafta, 1994; Polidori, Krafta e Granero, 2001); a tensão é calculada através do produto do carregamento total de cada célula pelo carregamento total de cada uma das outras que lhe são alcançáveis, de modo semelhante ao que ocorre em modelos de interação espacial (Wilson, 1985; Torrens, 2000), porém sem limitações referentes a origem e destino. Essas tensões são distribuídas de modo axial, polar e difuso, como exemplifica a figura 1, abaixo.

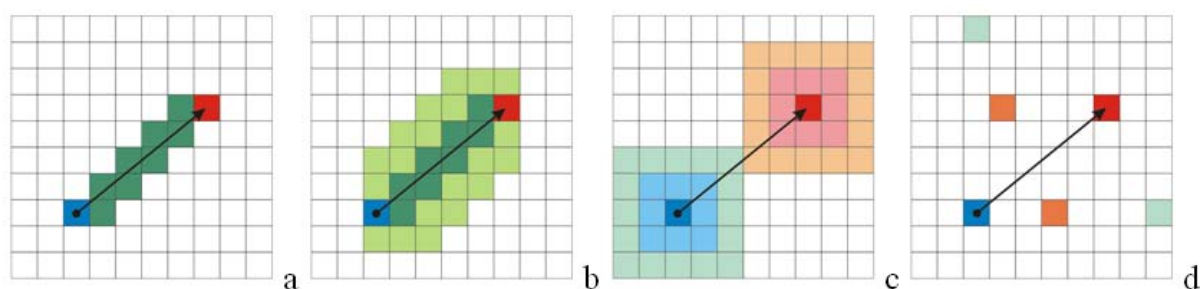


Figura 1: diagramas em formato de CA, representando: a) células incluídas na distribuição axial (verde); b) células incluídas na distribuição axial de buffer, com raio igual a uma célula (verde claro); c) células incluídas na distribuição de tensões do tipo polar, com vizinhança de raio igual a duas células (azul claro e rosa); d) hipótese de células incluídas na distribuição difusa (laranja = tipo 1; azul claro = tipo 2).

3 Simulando crescimento urbano com o caso da cidade de Pelotas, Brasil

Na discussão entre forma urbana e sustentabilidade, duas hipóteses recorrem: a) cidades mais compactas são mais sustentáveis do que as menos compactas; b) cidades mais fragmentadas são menos sustentáveis do que as menos fragmentadas. A idéia de compacidade como algo positivo para a cidade é reforçada especialmente pelos estudos de circulação urbana (Barret, 1996), ao que se somam estu-

dos de evolução urbana de cidades europeias (Costa, 1999). A noção de fragmentação como algo negativo para a cidade encontra sustentação tanto em trabalhos específicos de morfologia urbana (Chin, 2002), quanto em argumentos gerais de sociologia e geografia urbana (Souza, 1995; Pereira e Ultramari, 1999; Santos, 2000). Todavia, é possível contrariar essas duas hipóteses, assumindo que, do ponto de vista da morfologia urbana, descompactar e fragmentar podem ser, ao invés de perversidades, estados construtores de sustentabilidade, uma vez considerado o processo de crescimento urbano como dinâmico, integrado com o ambiente não urbanizado, fora-de-equilíbrio, auto-organizável e complexo. Em direção semelhante, embora sem tecer relações com sustentabilidade, está o argumento de Batty e Longley (1994), ao estudar dimensões fractais da cidade e sua variação ao longo do tempo, assim como a investigação de Benguigui et al. (2000), que acrescenta a variação dessas medidas em função dos limites urbanos que forem adotados. Mas como testar qual a forma urbana que corresponde com mais eficácia às idéias de sustentabilidade ?

Para testar relações de correspondência entre forma urbana e sustentabilidade, está apresentado o caso com o crescimento urbano da cidade de Pelotas, Brasil, no horizonte de 45 anos, com duas alternativas: 1) um cenário para representar crescimento urbano com sustentabilidade; 2) outro cenário para representar crescimento urbano convencional. Esses cenários serão perseguidos pela diferenciação do crescimento urbano através de quesitos tradicionalmente associados à sustentabilidade urbana (adaptados de: Alva, 1997; Naredo e Rueda, 1998; Echenique, 1999; Carvalho e Romero, 1999; Bezerra e Fernandes, 2000; Franco, 2001; CCE, 2004), a saber: a) imputação de limites ao crescimento urbano; b) mitigação de problemas ambientais intra-urbanos; c) diminuição na formação de periferias; d) desestímulo à formação de vazios urbanos; e) conservação de áreas portadoras de atributos naturais; f) diminuição do uso de recursos naturais escassos; g) implementação de política ambiental, por valorização dos remanescentes naturais; h) preservação do patrimônio construído, por combate à obsolescência; i) qualificação do sistema de circulação urbana. Nesse caminho, estão propostos os cenários denominados “crescimento sustentável” (cenário 1) e “crescimento convencional” (cenário 2).

Como era esperado, o cenário 1 chega ao final da simulação com presença maior de atributos naturais do que o cenário 2, em decorrência das funções de preservação utilizadas nas simulações; todavia, é notável no experimento que essa maior presença de atributos naturais é acompanhada por maior conversão de território não urbanizado para urbanizado ou, noutras palavras, de maior crescimento urbano. Esse resultado sugere que a conservação de áreas naturais na cidade não implica em restrição ao crescimento urbano, sendo seus efeitos mais qualitativos (tipo de tecido e localização de áreas urbanizadas) do que quantitativos (quantidade de área urbanizada). As figuras 2a e 2b, adiante, mostram a evolução da área efetivamente urbanizada nos dois cenários, partindo das áreas preexistentes na cidade no ano 2000 e evoluindo até 2045 (do vermelho para o azul, respectivamente).

A evolução urbana dos cenários 1 e 2, revelada pelo andamento da conversão de território não urbanizado em urbanizado, mostra evidentes diferenças quanto à fragmentação e compacidade: o cenário 1, que representa o crescimento sustentável, demonstra estabilidade na medida de fragmentação, enquanto que o cenário 2, que representa a cidade tradicional, tem a fragmentação diminuída com o crescimento urbano; o cenário 1 mostra também tendência de diminuição de compacidade, enquanto que o cenário 2 apresenta tendência de compacidade crescente; esse resultado confirma a hipótese levantada neste trabalho, que aponta para a possibili-

dade de fragmentação e descompactação funcionarem como um recurso para o crescimento sustentável da cidade, ao invés do contrário. Mais adiante, as figuras 3a, 3b, 3c e 3d mostram uma comparação entre as distribuições dos carregamentos urbanos simulados para as dois cenários e entre os atributos naturais restantes ao final da simulação, em 45 iterações.

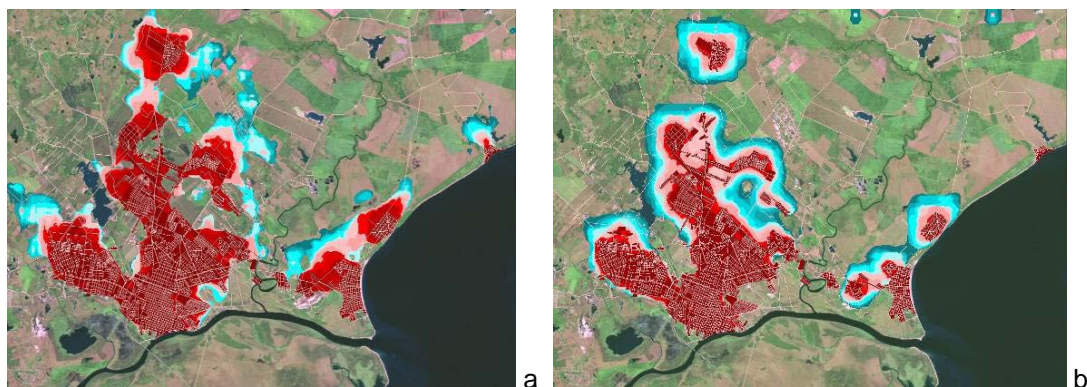


Figura 2: sinopse da simulação de crescimento urbano da cidade de Pelotas, Brasil, mostrando a evolução urbana em 45 iterações, equivalentes a 45 anos, em classes de 5 em 5 anos, em paleta de cores do vermelho ao azul; a) cenário 1, que representa o “crescimento sustentável”; b) cenário 2, que representa o “crescimento convencional”.

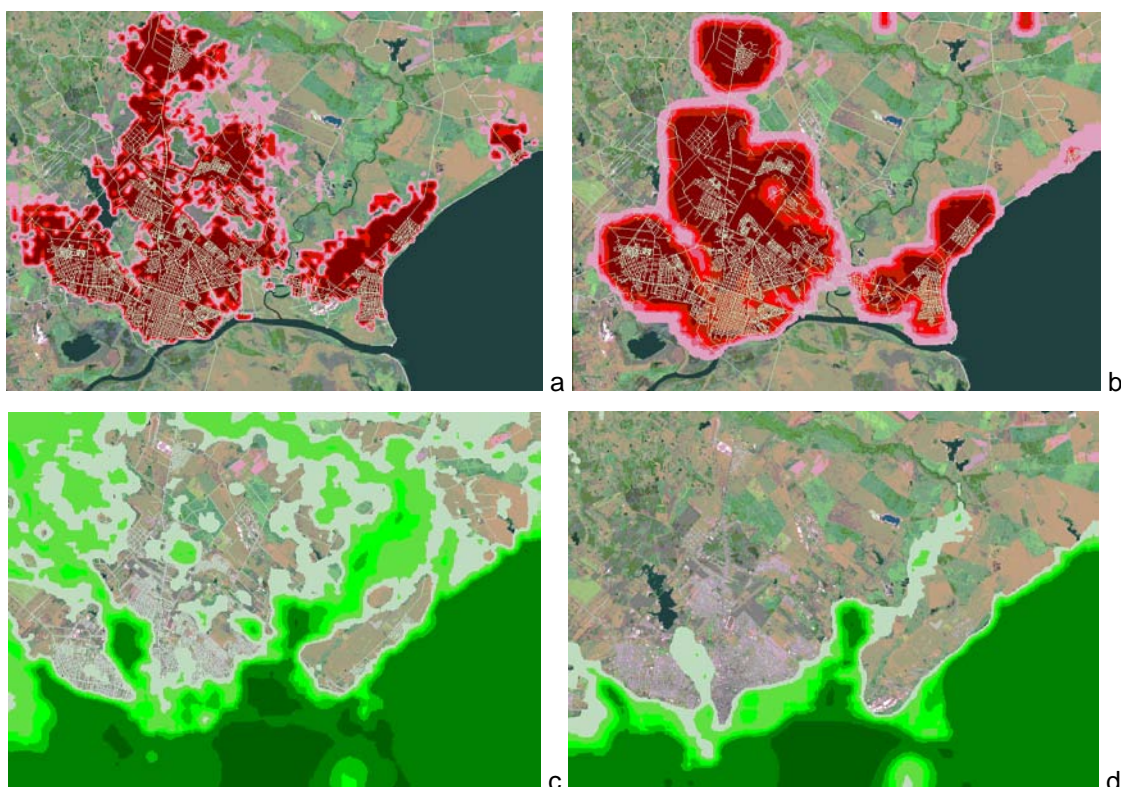


Figura 3: simulação de crescimento urbano em Pelotas, BR, comparando resultados do caso 1 com o caso 2, ao final de 45 iterações; a) carregamentos urbanos simulados para o caso 1; b) carregamentos urbanos simulados para o caso 2; c) fatores naturais simulados para o caso 1; d) fatores naturais simulados para o caso 2.

4 Considerações finais

Este artigo está dedicado a apresentar resumidamente um modelo de simulação de crescimento urbano e a realizar uma aplicação para verificar relações entre forma da cidade e sustentabilidade, com destaque para as questões da compactidade e da fragmentação da área urbana. Os experimentos demonstram que crescimentos urbanos mais compactos e menos fragmentados podem não ser indicadores de sustentabilidade, como é comumente aceito; ao contrário, os resultados das simulações indicam que o crescimento urbano menos compacto e mais fragmentado consome seletivamente os recursos naturais, permite a co-presença de zonas urbanizadas com zonas portadoras de atributos naturais de interesse superior no ecossistema, integra-se com unidades de conservação, gera menos periferias urbanas pobres e com maior diversidade, bem como desconcentra carregamentos urbanos e centralidades, chegando ao final da simulação com maior potencial de crescimento, isto é, com maiores chances de continuar crescendo.

5 Referências bibliográficas

- ALVA, E. N. ,1997. *Metrópoles (in) sustentáveis*, Rio de Janeiro, Relume Dumará, 149 p.
- ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. ,1997. *O recente desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro*. Rio de Janeiro: IPPUR, IPEA, NEMESIS. 27 p.
- BARRET, G. ,1996. *The transport dimension*, In: JENKS, Mike; BURTON, Elizabeth; WILLIAMS, Katie (Ed.), *The compact city: a sustainable urban form ?* New York, E & FN Spon, p 171-180.
- BATTY, M. ,2002. *Megacities - What the Future Holds and the Implications for Energy Use*. London: Casa. 21 slides. [disponível em 23 de setembro de 2002 em <http://www.casa.ucl.ac.uk/>].
- BATTY, M.; COUCLELIS, EICHEN, M. ,1997. *Urban system as cellular automata*, Environment and Planning B, Planning and Design 24(2), London, Pion, p. 159-164.
- BATTY, M.; LONGLEY, P. ,1994. *Fractal cities – A geometry of form and function*, San Diego, Academic Press, 394 p.
- BENGUIGUI, L. et al. ,2000. *When and where is the city fractal ?* Environment and Planning B: Planning and Design 27, London, Pion, p. 507-519.
- BEZERRA, M. C.; FERNANDES, M. A. (coordenação geral) ,2000. *Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da agenda 21 brasileira*, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 155 p.
- CAMPOS FILHO, C. M. ,1989. *Cidades brasileiras: seu controle ou o caos*. São Paulo: Nobel.
- CARVALHO, E.; ROMERO, M. ,1999. *A insustentabilidade do desenvolvimento urbano das capitais brasileiras*, In: Anais do VIII ENANPUR, Porto Alegre, ANPUR – PROPUR, UFRGS. [mídia nem CD].
- CCE – Comissão das Comunidades Europeias ,2004. *Para uma estratégia temática sobre ambiente urbano*. Bruxelas, COM (2004) 60, 58 p. [disponível em 17 de agosto de 2006 em <http://europa.eu/scadplus/leg/pt/lvb/l28152.htm>].
- CHIN, N. ,2002. *Unearthing the roots of urban sprawl: a critical analysis of form, function and methodology*, London, Casa, UCL, 23 p. [disponível em 17 de agosto de 2006 em <http://eprints.ucl.ac.uk/archive/00000249/01/Paper47.pdf>].

COSTA, H. S. M. ,1999. *Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos?* In: Anais do VIII ENANPUR, Porto Alegre, ANPUR – PROPUR, UFRGS. [mídia em CD].

ECHENIQUE, M. ,1999. *SPARTACUS – System for Planning and Research in Townsand Cities for Urban Sustainability* [disponível em 14 de setembro de 2006 em <http://fpiv.meap.co.uk/fpiv/spartacu.htm>].

FRANCO, M. A. R. ,2001. *Planejamento ambiental para a cidade sustentável*, São Paulo, Annablume, FAPESP. 296 p.

GONÇALVES, M. F. ,1989. *Município no Brasil*. Rio de Janeiro: IBAM.

KRAFTA, R. ,1994. *Modelling Intraurban configurational development*, Environment and Planning B: Planning and Design, v. 21, London, Pion, p. 67-82.

LAMAS, J. M. ,1993. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa: Dinalivro. 563 p.

MOREIRA, M. M. ,1995. *Evolução e perspectivas da dinâmica demográfica brasileira: concentração populacional e migração*. In: GONÇALVES, Flora Maria (org.). O novo Brasil urbano: impasses, dilemas, perspectivas. Porto Alegre: Mercado Aberto. p. 133-162.

NAREDO, J. M.; RUEDA, S. ,1998. *La “ciudad sostenible”: resumen y conclusiones*, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 27 §.[disponível em 21 de dezembro de 2001 <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2>].

PENA-VEJA, A. ,2003. *O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa*. Tradução de Renato do Nascimento e Elimar do Nascimento. Rio de Janeiro: Garamond. 104 p.

PEREIRA, G. F.; ULTRAMARI, C. ,1999. *As práticas sociais e o desenvolvimento sustentável no meio urbano*, In: Anais do VIII ENANPUR, Porto Alegre, ANPUR – PROPUR, UFRGS. [mídia nem CD].

POLIDORI, M. , KRAFTA, R. e GRANERO, J. ,2001. *Software Medidas Urbanas®* [apoio FAPERGS]. Pelotas: UFPel.

POLIDORI, M. C. ,2004. *Crescimento urbano e ambiente – Um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade*, Tese de Doutorado, Porto Alegre: UFRGS – PPGECCO, 352 p.

POLIDORI, M. C. e KRAFTA, R. ,2005. *Simulando crescimento urbano com integração de fatores naturais, urbanos e institucionais*, GeoFocus (Artículos), nº 5 , p. 156-179. ISSN: 1578-5157, Espanha, Madrid. [disponível em 15 de janeiro de 2006 em <http://geofocus.rediris.es/principal.html>] ISSN 1578-5157.

PORTUGALI, J. ,2000. *Self-organization and the city*. Berlin: Springer. 352 p.

SANTOS, C. N. ,1988. *A cidade como um jogo de cartas*. São Paulo: Projeto.

SANTOS, M. ,2000. *Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Record. 174p.

SOUZA, M. A. A. ,1995. *O novo Brasil urbano: integração ou fragmentação ?* In: GONÇALVES, Flora Maria (org.), O novo Brasil urbano: impasses, dilemas, perspectivas, Porto Alegre, Mercado Aberto, p. 65-71.

TORRENS, P. ,2000. *How land-use-transportation models work*, London, Casa, UCL, 75 p. [disponível em 19 de abril de 2002 em http://www.casa.ucl.ac.uk/working_papers.htm].

WILSON. A. J. ,1985. *Mathematical Methods in Human Geography and Planning*, Great Britain: John Wiley & Publishers, 404 p.