

ENFOQUES ECONÔMICOS PARA DILEMAS AMBIENTAIS DE CIDADES: ANÁLISE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

CARLOS ANDRÉ BULHÕES MENDES¹

SANDOR ARVINO GREHS²

Resumo

A crescente incidência de alagamentos, congestionamento de veículos e demais impactos ambientais negativos nas cidades, especialmente áreas metropolitanas, constitui dilema que não tem sido adequadamente enfrentado pelas políticas públicas e pelas esferas de governo. As forças econômicas que num primeiro momento representam benefícios e bem estar ao cidadão urbano, intensificam alterações do uso do solo com modificações geomorfológicas, impermeabilização do solo, do ciclo hidrológico local que se expressam por degradação ambiental, pelo fato de não ser considerada a bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial. Apresentam-se exemplos da cidade de Porto Alegre que elucidam a geração de externalidades econômicas vinculadas a problemas ambientais em bacias hidrográficas. Não se pode pretender que toda a sociedade pague por isso através de impostos, mas que parcela substancial dos recursos financeiros seja gerada na própria bacia, onde se encontram os causadores dos problemas e beneficiários diretos dos investimentos. Propõe-se aqui critérios de rateio de custo das obras de interesse comum entre os seus causadores e beneficiários. Trata-se de um instrumento, que conjuga o caráter financeiro com a promoção da justiça fiscal, impondo o custeio de uma obra aos seus beneficiários diretos e causadores dos problemas ambientais.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, planejamento territorial, externalidades econômicas, Gestão ambiental urbana.

Abstract

The growing incidence of urban floods, traffic jams and other negative environmental impacts in the cities, especially metropolitan areas, constitutes dilemma that has not been appropriately faced by the public politics and government's spheres. The economic forces that in a first moment represent benefits and well being to the urban citizen intensify alterations of the land use with geomorphologic and hydrologic modifications and impermeabilization of the soil, which is expressed by environmental degradation, based on a fact that the drainage basin is not considered as unit of territorial planning. Examples of the city of Porto Alegre that elucidate the generation of economic externalities, linked to environmental problems in watersheds, are presented. It cannot intend that the whole society pays that through taxes, but that substantial parcels out of the financial resources may be generated in the own river basin, where exist a causal-effect relationship for the problems and direct beneficiaries of the investments are meet. What is proposed is a cost sharing procedure for the works of common interest based in the causal loop diagram. It is an instrument, that it conjugates the financial character with the promotion of fiscal justice, imposing the costing of a work to its direct beneficiaries and promoters of the environmental problems.

Key words: Watershed, Territorial Planning, Economic Externalities, Urban Environmental Management.

A pressão imobiliária e os problemas decorrentes

No início do desenvolvimento das cidades, quando os primeiros grupos de habitantes chegavam e definiam a melhor localização para construir suas habitações, observavam as condições naturais mais propícias como a topografia, a vegetação, a disponibilidade de água etc.

Contudo, o avanço também pode significar o esgotamento da capacidade de suporte do meio natural e inclusive das próprias infra-estruturas construídas pelo homem, (LEE *et al.*, 1992; SILVA e MAGALHÃES, 1993). A capacidade de suporte significa que qualquer estrutura é capaz de absorver demanda de uso de suas capacidades e desempenhar sua função sem que haja comprometimento de todo ou parte do sistema.

Neste contexto, conceitua-se a densificação como o número de habitantes de cada região das cidades em função dos equipamentos comunitários, de abastecimento de saúde, etc, com base na economicidade da infra-estrutura, equipamentos e serviços públicos. Salienta-se que tal definição viabiliza uma cidade econômica do ponto de vista dos serviços e equipamentos urbanos, mas não respeita limites ambientais.

¹ Eng. Civil. M.Sc. (Eng. Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Ph.D. (Planejamento Ambiental). Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, com atuação no Programa de PósGraduação (PPG) em Planejamento Urbano e Regional – PROPUR e no PPG do Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH . mendes@iph.ufrgs.br.

² Geólogo D.Eng. (Engenharia de Recursos Hídricos) Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS no Instituto de Geociências. sagrehs@terra.com.br.

Mas dependendo do patamar que atingem, também podem ser consideradas deseconomias de aglomeração (CARRION, 1996; RICHARDSON, 1975) quando algum serviço gera muita carga ao sistema urbano, ou seja, aumentando os congestionamentos, enchentes, a poluição, a violência.

Neste quadro é importante perceber hoje, por exemplo, que quando se altera uma determinada área intra-urbana, isto pode vir a influenciar grande parte ou, até mesmo, todo o sistema da cidade. Dentro de uma análise ambiental do meio urbano tais decisões podem ser avaliadas e observadas para que algumas medidas possam diminuir os efeitos gerados, desde que se tenha noção da causa desses problemas.

A poluição e a degradação dos recursos ambientais representam externalidades negativas decorrentes da denominada economia de mercado, comprometendo a sustentabilidade no espaço geográfico envolvido.

Mecanismos econômicos da produção do solo urbano

O modelo clássico do lugar central (SOUZA, 1990), fornece uma teoria do tamanho, função e espaçamento dos centros de mercado, com as seguintes características:

1. A oferta e a demanda devem ser equiparadas tanto quanto o possível;
2. A soma das distâncias percorridas deve ser a menor possível;
3. Os lucros devem ser maximizados;
4. O número total de centros de serviços para a área deve ser o menor possível.

Estas características teóricas produzem, com efeito, um sistema de mercado capitalista habitado pelo "homo economicus"³. Saliente-se que as limitações comportamentais e a ausência de pressupostos ambientais criam um mundo idealizado, onde o processo de decisão locacional é regulado e controlado. Os efeitos da distância são introduzidos sob a forma de custos de transporte.

O propósito específico do sistema de transporte é suprir uma de-



Figura 1: Sistemas de transporte como demandas derivadas.

Fonte: os autores.

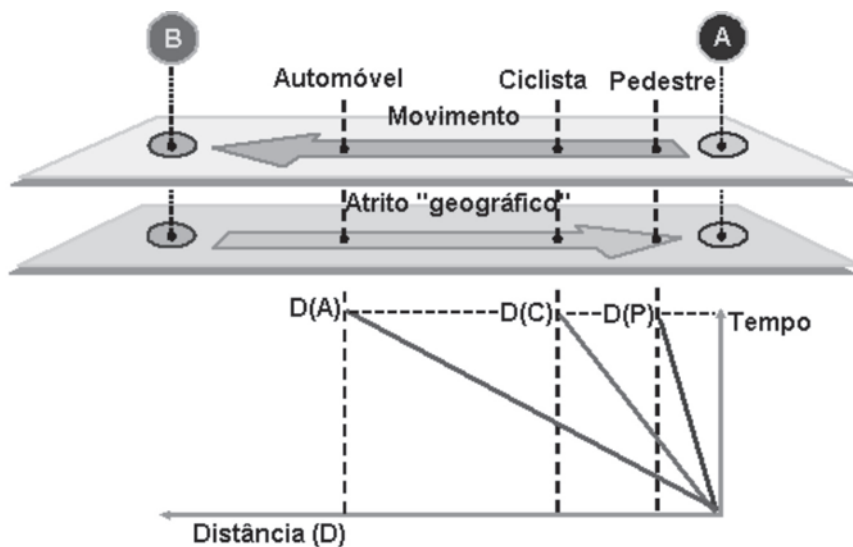


Figura 2: Considerações geográficas do movimento

Fonte: os autores.

manda para mobilidade, pois só existe se possibilita a movimentação das pessoas, cargas e informações. Caso contrário não tem nenhum propósito. Em síntese, os transportes são o resultado de demandas derivadas de várias atividades, conforme ilustrado na figura 1. Por conseguinte, qualquer movimento tem que considerar a localização geográfica das atividades e os padrões de interação espacial entre estas localizações (TOLLEY and TURTON, 1995).

Com relação a localização geográfica das atividades saliente-se que para uma unidade (de frete carga, pessoa ou informação) ser transferida entre uma origem "A" e um destino "B", um fator de atrito entre as localizações "A → B" deve ser considerada, conforme ilustrado na figura 2. Restrições geográficas como distância, a fisiografia (elementos da paisagem como rios e elevações) ou divisões administrativas diferentes (fronteiras entre estados e países) tem

³ Indivíduo mítico que procura minimizar os custos e maximizar os lucros, elaborando decisões inteiramente racionais, com base em conhecimento pleno e completo de todos os aspectos do mercado.

um impacto na capacidade de movimentação de fretes (pessoas e/ou informações), definindo o fator de atrito ao movimento. É comum, embora não seja a regra, observar-se um aumento dos custos de transferência entre "A → B" proporcionalmente com distância.

Conseqüentemente existe uma distância-limite depois da qual uma transferência entre "A → B" não pode ser justificada economicamente, mas isto varia de acordo com o sistema do modal de transportes utilizado. Além disso, a infra-estrutura deve estar em condições de uso e disponível para utilização. Neste contexto, modais de transporte específicos, com diferentes desempenhos, têm implicações geográficas fortes. A figura 2 ilustra um exemplo. Devido as dificuldades de movimento no trecho entre "A → B", uma mesma quantia de tempo permite que, um pedestre movimentasse até uma distância D(P), enquanto um ciclista e uma pessoa em um automóvel movimentam-se nas distâncias D(C) e D(A) respectivamente.

O processo de urbanização é uma força que amolda-se e obtém proveito do sistema de transportes. Enfatize-se mais uma vez que atividades originam demandas derivadas e, por sua vez, criam um padrão de uso do solo que é influenciado pela forma urbana existente. Esta forma relaciona-se fortemente aos tipos de atividades, ou seja:

1. Atividades rotineiras: esta classe de atividades acontece regularmente e é assim previsível. Envolvem a jornada para o trabalho (residência → indústria/comércio/administrativo) e compras (residência → lojas). O padrão de uso do solo gerado é estável e coerente. Geralmente, estas atividades são zonais e vínculos são de áreas a áreas.
2. Atividades institucionais: a maioria das instituições é localizada em pontos específicos e geralmente tem vínculos com indivíduos. Este sistema de atividades é unido a um ambiente urbano onde vínculos estão acontecendo irregularmente e de acordo com o estilo de vida (estudantes, de espor-

te, lazer, etc.), segurança (polícia) ou necessidades especiais (saúde).

3. Atividades de produção: envolve uma cadeia de relações entre firmas, como controle, distribuição, armazenamento e sub-contratação. Este sistema de atividade pode ser associado a um ambiente urbano específico, mas também para uma região, nação, ou até mesmo o mundo. Algumas atividades são unidas fortemente à área urbana local, enquanto outros são unidos muito mais à economia global. O padrão de uso do solo de uma atividade pode ser associado assim a um processo exógeno.

Estes sistemas de atividade sublinham a importância de encadeamentos entre usos de solo que requerem movimentos de pessoas, frete e informação. Os resultados destes encadeamentos são padrões de uso do solo. A figura 3 apresenta estas relações.



Figura 3: Sistema de atividade e uso do solo associado.

Fonte: os autores.

Em síntese, os transportes e sistemas econômicos têm uma relação de reciprocidade. Por exemplo, a construção de grandes vias de acesso em um bairro de uma cidade, favorece a concentração de comercial e atividades de serviços que gerarão demanda de transporte adicional que em troca favorecerá a localização de novas atividades e uma reorganização da estrutura de espaço urbano. Neste contexto estabelece-se um dilema pois órgãos públicos carecem de capacidade de investimento para atendimento de demandas adicionais, e/ou as áreas onde loca-

lizam-se estas novas demandas já estão com sua infra-estrutura saturadas.

As relações anteriores podem ser expressas com uma formulação econômica. Em uma economia de mercado, a maioria do solo urbano pode ser vendida ou comprada livremente. Assim a economia urbana (MUTH, 1969; MUTH, 1975; SOUZA, 1990; O'SULLIVAN, 2003) preocupa-se como o preço de terra urbana é fixado e como este preço influenciará a natureza, padrão e distribuição do uso do solo urbano. A figura 4 ilustra algumas relações básicas entre a quantidade de terra e seu preço.

Este mecanismo segue a relação de mercado padrão entre oferta e demanda, onde um preço de equilíbrio é alcançado. Nesta figura uma quantidade de terra Q1 está disponível com um preço P1. Porém, o que é particular para cidades é que a oferta de terras é fixa pois existe uma quantia limitada de terra disponível. Neste quadro:

1. Quando terra está razoavelmente disponível (Q1), o preço (P1) será moderado.
2. Movendo-se para o centro da cidade a demanda sobe, a terra fica mais escassa (Q2) e o preço sobe (P2).
3. Deslocando-se para a periferia, mais terra está disponível, com menores demandas de terra (Q3), e resultando em um menor preço (P3).

A representação matemática das relações anteriores teve início no século XVII com avaliações do preço de terras agrícolas. Ricardo (1821) *apud* Souza (1990) identificou que o preço da terra agrícola e determinado por sua fertilidade, ou seja, quanto maior a fertilidade maior será a rentabilidade econômica da terra. Na abordagem de Von Thünen (1826) *apud* Souza (1990) conclui-se que o preço da terra agrícola aumenta com acessibilidade aos mercados consumidores. No modelo de Von Thünen a terra e utilizada para plantar bens agrícolas (batatas ou cenouras, por exemplo), os preços dos insumos de produção são fixos, existe um mercado central com custo de transporte de *t* das fazendas → cen-

tro em ton/km, a concorrência perfeita (simetria de informações entre os fazendeiros) e a fertilidade da terra é uniforme. Um fazendeiro típico, localizado a d km do mercado central, ocupa 1 ha de terra e produz Q toneladas de produtos agrícolas (cenouras), vendidas ao preço P por tonelada; gasta C com custos de produção, t com custo do transporte em \$/ton/km e R de aluguel da terra. O lucro (= Receita - Custos) $\pi(d)$, obtido por este fazendeiro é dado por (MUTH, 1975):

$$\pi(d) = P.Q - C - t.Q.d - R \quad (1)$$

Em um cenário que batatas possuem uma maior rentabilidade para os fazendeiros torna-se necessário decidir a distância do mercado central que é atrativa para o seu plantio. Comumente representam-se estas relações através de uma função aluguel de terras (*Bid-Rent* segundo O'SULLIVAN, 2003) onde o lucro econômico é zero ($\pi(d) = 0$). A partir da equação (1) o resultado define-se como:

$$R = P.Q - C - t.Q.d \quad (2)$$

Saliente-se entretanto que fazendeiro mais eficiente (produz mais com menos terras), utiliza-se da substituição dos fatores de produção permitindo pagar mais pelo custo da terra. O Fazendeiro utiliza T ha de terra, resultando em funções não lineares dadas por (MUTH, 1975):

Lucro:

$$\pi(d) = P.Q - C - t.Q.d - R.T \quad (3)$$

Função *bid-rent*:

$$R = \frac{P.Q - C - t.Q.d}{T} \quad (4)$$

A figura 5 ilustra os princípios básicos da teoria do aluguel de terras. Assume-se um centro que representa uma localização desejável com alto nível de acessibilidade. A área mais interna, dentro de um raio (D) de 1 km, tem aproximadamente 3.14 quilômetros de superfície ($S = \pi.D^2$). Em

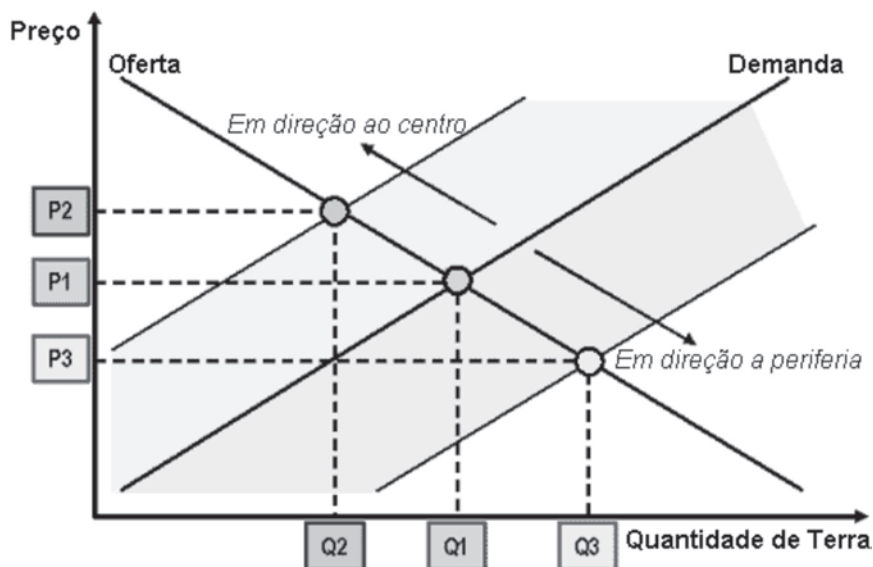


Figura 4: Conceitos de economia urbana.

Fonte: os autores.

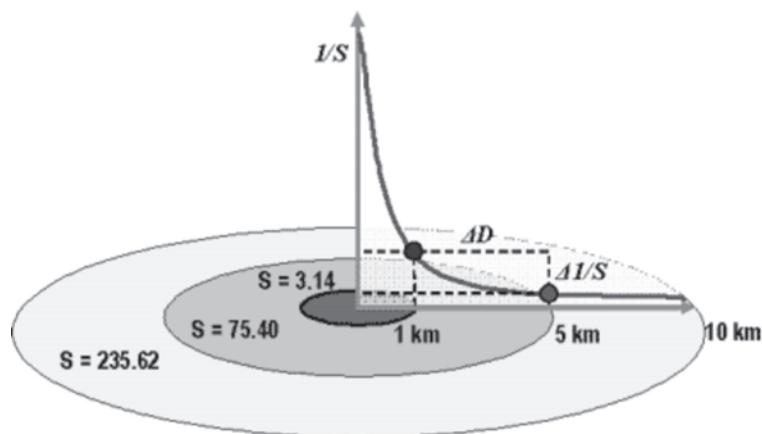


Figura 5: Teoria do Aluguel de Terras.

Fonte: os autores.

tais circunstâncias, o aluguel de terras é expresso como uma função da disponibilidade de terras representado como $1/S$. Movendo-se para longe do centro (ΔD), o aluguel cai substancialmente ($\Delta [1/S]$) pois a quantidade de terra disponível aumenta exponencialmente.

O uso de solo é assim determinado pela habilidade dos fazendeiros pagarem o aluguel (mais caro \rightarrow mais próximo do centro) da terra para os diferentes sistemas produtivos (banana, cenoura, alface e batata), conforme apresentado na figura 6. A localização ótima com a melhor acessibilidade, é o distrito central.

Sobrepondo-se as curvas de aluguel de todas as atividades econô-

micas, obtém-se um padrão de uso de terra concêntrico representando venda dos produtos agrícolas no centro do distrito. Cada pedaço de terra deve ser direcionado ao uso que proporciona maior renda. As culturas agrícolas mais distantes do centro possuem uma rentabilidade baixa. Em síntese, a teoria do aluguel de terras, explica os mecanismos competitivos de alocação do uso do solo, dados por:

1. A terra pode ser utilizada por várias atividades;
2. O preço da terra é a melhor medida da intensidade da demanda e da competição pelo uso da terra, variando com qualidade e condições de acesso;

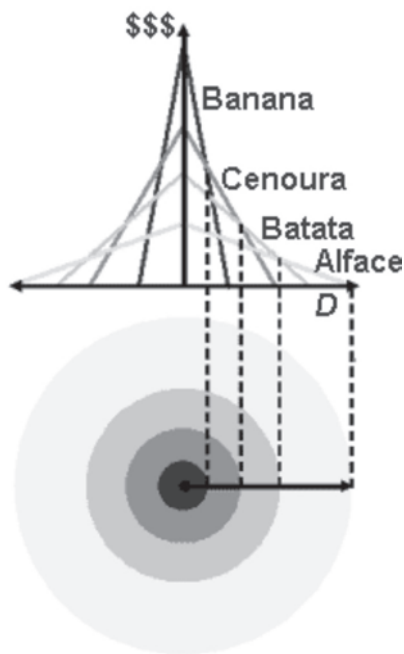


Figura 6: Aluguel de Terras, como função da acessibilidade, e o uso do solo.

Fonte: os autores.

3. Considera-se acesso ao mercado como fator locacional relevante;
4. Alocação da terra entre atividades, depende da inclinação da curva de *bid-rent*, sendo que uso que proporciona maior renda e o escolhido. A atividade com a função *bid-rent* mais inclinada localiza-se perto do mercado. Em síntese, a alocação das terras agrícolas é o problema mais simples de otimização, ou seja Max (ou Min) $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ onde as variáveis decisórias x_1, x_2, \dots, x_n não apresentam restrições no seu domínio.

Raciocínio semelhante pode ser aplicado para o uso do solo urbano, onde a competição pelo uso do solo é dada por atividades como: indústrias, escritórios, lojas varejistas e residências. Para cada setor de atividades há uma função *bid-rent* específica. A sobreposição destas curvas maximiza os ganhos com o aluguel resultando em uma forma urbana. Por fim, saliente-se que as conclusões anteriores baseiam-se em cidades monocêntricas, mas cidades atuais são multicêntricas. Optou-se, inicialmente, por esta representação

porque cidades monocêntricas foram a forma dominante no passado, cidades pequenas e médias ainda são monocêntricas. Enfatize-se ainda, que na maioria das cidades contemporâneas (multicêntricas), a teoria do aluguel de terras ainda é válida, mas requer modificações, ou seja:

- A área do centro da cidade necessariamente não é o lugar mais acessível. O crescimento rápido de áreas metropolitanas colocou muitas áreas distantes do Centro de Negócios (*Central Business District – CBD*), notadamente em subúrbios. Isto favoreceu o aparecimento de sub-centros, conforme ilustrado na figura 7, tendo uma concentração de atividades comerciais, distribuição e industriais.
- Melhorias nos sistemas de transporte e telecomunicações tornaram várias atividades mais tolerantes as distâncias, mas ainda dependente da acessibilidade.
- Uma parte significativa das terras, próxima das áreas centrais, está indisponível ao mercado. Governos, instituições, indústrias e infra-estruturas de transporte ocupam uma grande parcela das áreas centrais e este regime de propriedade permanece durante várias décadas.

Apresentados estes mecanismos econômicos, a pergunta que emerge é: "A alocação de terras pelo mercado é eficiente? A resposta é não, pois há externalidades das mais diversas que serão abordadas no próximo item.

Externalidades dos sistemas de produção urbanos

A princípio, a alocação eficiente do uso do solo urbano não deveria ser problemática se as condições de eficiência fossem obedecidas. Assim, a alocação dos usos do solo poderia ser resolvida, via mercado, sem qualquer intervenção governamental. Para tal, o uso destas terras deveria ser orientado por preços que representassem suas taxas de substituição no consumo ou transformação em relação aos outros bens da economia, de acordo com as condições acima discutidas. Ou seja, os preços da terra deveriam, na ausência de

distorções, refletir seu custo de oportunidade. Entretanto, observa-se que a utilização de terras urbanas gera custos e benefícios que não são capturados no sistema de mercado. Embora estes custos e benefícios tenham valor econômico, não lhes são atribuídos preços adequados (ou nenhum preço).

Na maioria das vezes, os empreendedores imobiliários, que são os incorporadores, em vez de buscar a implantação efetiva de uma política que leve à ocupação racional do solo, em proporção com a capacidade de infra-estrutura de serviços urbanos instalados (do tipo transportes a drenagem urbana, entre outros), que conduziria a uma estabilização em patamar razoável do preço da terra, têm pressionado o poder público para que permita construir cada vez mais nos terrenos com infraestrutura no seu entorno já saturada, causando as deseconomias devido a aglomeração.

Este adensamento urbano tem sido caracterizado por expansão irregular de periferia com pouca obediência a regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamentos, além da ocupação irregular de áreas públicas por população de baixa renda. Esta tendência dificulta o ordenamento das ações não-estruturais do controle ambiental urbano (TUCCI, 2002), provocando saturação da infra-estrutura instalada ficando com sua capacidade de atendimento superada, exigindo sua substituição por outra de maior capacidade, e assim sucessivamente, a custos públicos e sociais crescentes, que são repassados, via impostos e tarifas, para o conjunto da população. Por exemplo, no caso da drenagem urbana, as ações públicas atuais estão indevidamente voltadas para medidas estruturais como a canalização, no entanto esse tipo de obra somente transfere a enchente para jusante (o custo de um canal varia de 2 a 50 milhões de dólares por quilômetro segundo TUCCI *et al.*, 1995). Enfatize-se que nesta situação grandes investimentos urbanos são necessários para corrigir esses erros.

No caso da infra-estrutura de drenagem urbana, loteamentos são

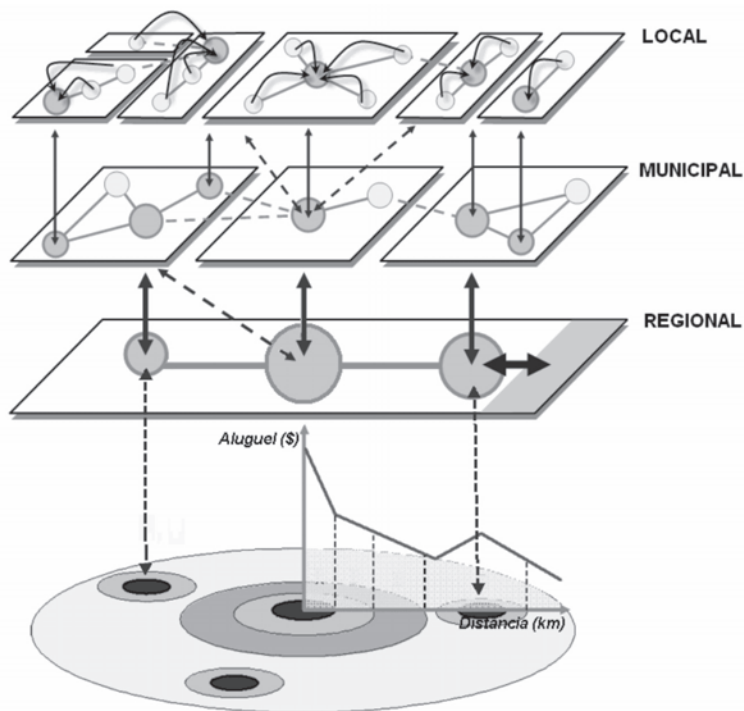


Figura 7: Cidades contemporâneas na luz da teoria do aluguel de terras.
Fonte: os autores.

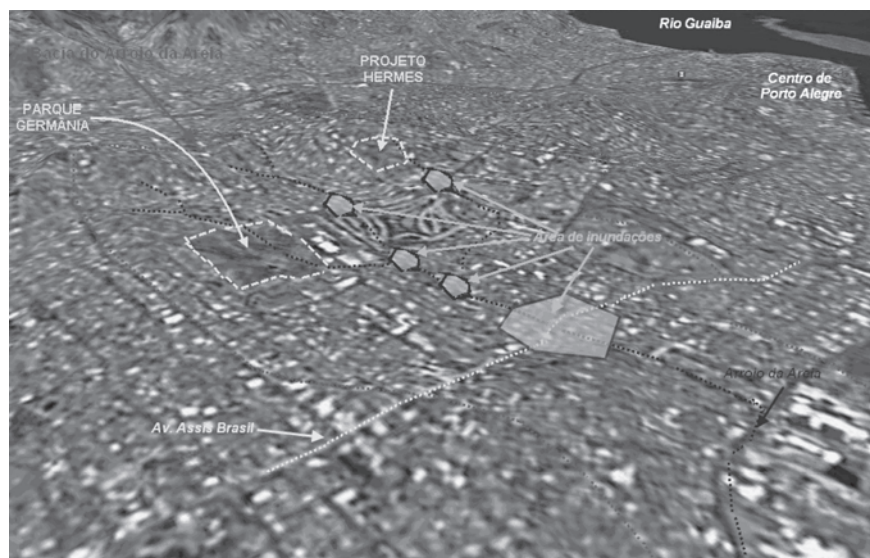


Figura 8: Macro-drenagem da Bacia do Arroio da Areia, em Porto Alegre-RS
Fonte: os autores.

aprovados com redes de drenagem que visam expulsar a água de cada lote o mais rapidamente possível. Para efetivar esta aprovação é analisada a capacidade de adensamento de uma região da cidade, entre outros aspectos. Com o solo impermeabilizado e a drenagem rápida, a vazão de saída do loteamento aumenta várias vezes. O somatório do

aumento dos diferentes loteamentos em diferentes locais da cidade produz o aumento de cheia na macro-drenagem, restando ao poder público a tarefa de controlá-lo. Esta solução se assemelha muito a atitudes públicas encontradas na América do Norte e Europa (*NIMBY – Not In My Backward*; DEAR, 1992). A filosofia de *Não No Meu Quintal* drena

rapidamente o excesso hídrico do lote e do loteamento, indo causar problemas em outros locais da cidade (em diferentes regiões). Com tal enfoque não se resolve problema algum e apenas o transfere.

Como exemplo, pode-se citar a bacia do Arroio da Areia na cidade de Porto Alegre onde estão em andamento dois grandes “loteamentos”: o Projeto Hermes e o Parque Germânia; ambos próximos do divisor da bacia, conforme ilustrado na figura 8. Devido a posição topográfica destes empreendimentos, conclui-se que eles afetam diretamente os bairros situados logo abaixo.

É sabido que à medida que uma região é urbanizada, a infiltração das águas da chuva é cada vez menor. Isto proporciona um maior fluxo das águas na superfície e um escoamento mais rápido, formando correntezas que levam de roldão mesmo pesados obstáculos, como cercas, muros, calçamentos, veículos e algumas vezes, infelizmente, ceifam vidas humanas. No caso do Projeto Hermes, estimou-se aumento de vazões geradas pelo Projeto da ordem de 3,5 (três vezes e meia) em consideração as vazões originais (atuais), decorrentes única e exclusivamente das águas pluviais. Acrescente-se a estes volumes parcela da vazão dos esgotos, da ordem de 450 m³/dia, gerados a partir dos 12 edifícios a serem implantados. Face as peculiaridades geológicas desta área, onde incidem diversas fraturas e falhas geológicas, que polarizam e controlam o fluxo das águas subterrâneas, que afloram sob a forma de “olhos d’água”, deve ser ressaltada uma contribuição extra às tubulações da drenagem pluvial mesmo na ausência de chuvas.

A atual rede de águas na Bacia do Arroio da Areia é deficiente em várias posições. Tal observação é comprovada quando em dias de chuva existem velocidades excessivas nas tubulações, galerias subterrâneas e canais, determinando o aparecimento do fenômeno técnico do “Ressalto Hidráulico” que impede o escoamento normal das águas, retardando o fluxo e, em consequência disto os canais, bueiros e poços

Tabela 1: Volume de tráfego, tempo e custo de viagens e demandas

A	B	C	D	E	F	G	H
Volume de Tráfego (Veículos /hora)	Tempo de viagens-Tv (minutos)	Incremento no Tv pôr motorista (min.)	Incremento no Tv Total (min.)	Custo de viagem externo (RS)	Custo de viagem Privado (RS)	Custo de viagem Social (RS)	Benefício Marginal (Demanda) (RS)
20	12,0	0,000	0,0	0,00	3,20	3,20	
50	12,0	0,000	0,0	0,00	3,20	3,20	
100	12,0	0,000	0,0	0,00	3,20	3,20	
200	12,0	0,000	0,0	0,00	3,20	3,20	31,10
400	12,0	0,000	0,0	0,00	3,20	3,20	27,44
600	12,8	0,007	4,2	0,42	3,28	3,70	23,78
800	14,8	0,013	10,4	1,04	3,48	4,52	20,12
1000	18,0	0,019	19,0	1,90	3,80	5,70	16,46
1200	22,4	0,025	30,0	3,00	4,24	7,24	12,80
1400	28,0	0,031	43,3	4,33	4,80	9,13	9,14
1600	34,8	0,037	59,1	5,91	5,48	11,39	5,48
1800	42,8	0,043	77,3	7,73	6,28	14,01	1,82
2000	52,0	0,049	97,9	9,79	7,20	16,99	

Fonte: os autores.

de visitam extravasam causando inundações em vários pontos da bacia.

Neste contexto, o aumento populacional implica em uma maior impermeabilização do solo, o que por sua vez acarreta em um maior volume (e mais rápido) de águas afluentes ao sistema de drenagem pluvial. A conseqüência desta junção de acontecimentos é bastante funesta, transformando simples bueiros coletores de águas em túmulos para infelizes criaturas, como já aconteceu (como Morte por afogamento de uma Médica e suas duas filhas na Av. Nilo Peçanha, reportado pelo Jornal Zero Hora em 10/03/84, que resultou em ação judicial que condenou a Prefeitura Municipal de Porto Alegre) vem acontecendo (conforme o Jornal Zero Hora de 07/07/98, a morte de uma criança de 5 anos cujo automóvel foi arrastado pelas águas na Avenida Teixeira Mendes) e poderá acontecer em um futuro próximo com mais freqüência. Saliente-se que estas arapucas à segurança pública são, indubitavelmente, de inteira e exclusiva responsabilidade dos órgãos municipais.

Sendo assim, imagine-se um exemplo (fictício) onde uma excessiva impermeabilização da bacia do Arroio da Areia, causada pela construção de novos loteamentos aumentas as intensidades e frequências de ocorrência de inundações urbanas, nos locais indicados na figura 8. Entre os vários problemas já citados a a tabela 1 indica dados (fictícios) de congestionamento na Av. Assis

Brasil, decorrentes de inundações urbanas.

Considere-se que a Av. Assis Brasil, da figura 8, é uma via expressa que liga o centro de Porto Alegre para vários bairros periféricos com as seguintes características: a) existe uma via-expressa com duas vias, com a distância de 10 km; b) O custo monetário (por exemplo, despesas com combustível, pneus e outros itens do do automóvel) médio da viagem é de R\$ 0,20/km o que totaliza R\$ 2,00 (10 km x R\$ 0,20/km); c) o custo do tempo de viagem considera um custo de oportunidade⁴ de R\$ 0,10/min. Neste quadro, o custo total de viagens é a soma dos custos monetários mais o custo do tempo de viagem. Por exemplo, uma viagem de 30 minutos tem um custo do tempo de viagem de R\$ 3,00 (30 min x R\$ 0,10 / min), resultando em um custo total de R\$ 5,00 (R\$ 3,00 + R\$ 2,00).

Na tabela 1, a coluna "A" apresenta o volume de tráfego (veículos por hora), passível de transitar na Av. Assis Brasil. A coluna "B" lista o tempo médio de viagens de um motorista, para diferentes volumes de tráfego. Observa-se que para volumes de até 400 veículos/hora, o

tempo de viagens se mantém constante (12 min) com ausência de congestionamentos. Enfatize-se que com o limite de velocidades (neste exemplo) de 50 km/h, percorre-se os 10 km da Av. Assis Brasil em 12 min. Na coluna "B" para volumes de tráfego > 400 veículos observa-se a fórmula empírica de

$$T_v = 12 + 0,001 * (\text{Volume} - 400) + 0,000015 * (\text{Volume} - 400)^2$$

Em caso de dias chuvosos, a estrutura de drenagem não agüenta a vazão acarretando em extravasamentos de águas das galerias pluviais, ou seja inundações urbanas. Tal ocorrência acarreta um trânsito mais lento, pois a velocidade média diminui, carros antigos quebram ao longo da via, acidentes de trânsito acontecem acarretando um congestionamento. Com mais veículos na via, o tempo de viagens aumenta. Observa-se na coluna "B" um tempo de viagens de 52 min para 2000 veículos.

As colunas "C" e "D" mostram os efeitos no tempo de viagem do incremento de mais um motorista na via ("motorista marginal"). Em volumes de tráfego baixos (< 400 veículos) o número de motoristas não afeta os tempos de viagens, e em caso contrário o tempo se torna mais lento. Por exemplo, a inclusão do veículo número 600 na via, incrementa o tempo médio de viagens em 0,007 min, conforme indicado na coluna "C", resultante da diferença entre 12,80 (600 veículos) - 12,793 (599 veículos). O incremento no tempo de viagens total é o tempo médio incremental de um único motorista (0,007 min) vezes o número dos outros motoristas (599) totalizando 4,2 min conforme indicado na coluna "D". Estas informações podem ser entendidas como externalidades⁵ do congestionamento, ou seja o incremento do tráfego torna o movimento mais lento. Os

⁴ É o termo usado na economia para indicar o custo de algo em termos de uma oportunidade renunciada, ou seja, o custo, até mesmo social, causado pela renúncia do ente econômico, bem como os benefícios que poderiam ser obtidos a partir desta oportunidade renunciada ou, ainda, a mais alta renda gerada em alguma aplicação alternativa.

⁵ Uma externalidade ocorre em economia quando o impacto de uma decisão não se restringe aos participantes desta decisão. A externalidade pode ser negativa, quando prejudica os outros, por exemplo, uma fábrica que polue o ar, afetando uma comunidade próxima. Ou pode ser benéfica, quando os outros, involuntariamente, se beneficiam, por exemplo, com a melhora da eficiência em um determinado mercado.

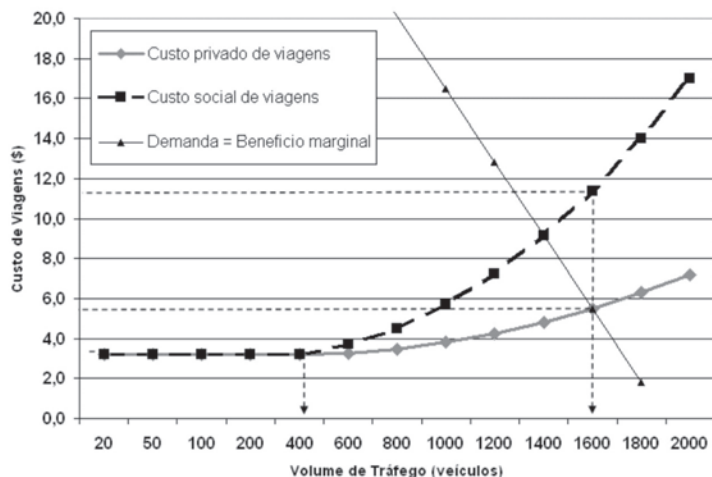


Figura 9: Externalidades econômicas do congestionamento, causadas por enchentes.

Fonte: os autores.

números da coluna "E" expressam o tempo de viagens total em formato monetário, assumindo-se um custo de oportunidade de R\$ 0,10 / min. Neste caso, para um tráfego de 600 veículos o custo é de R\$ 0,42 (4,2 min x R\$ 0,10 / min). A coluna "F" apresenta o custo de viagens privado, definido como o custo monetário de um motorista, composto pela soma do custo monetário da viagem R\$ 2,00 (10 km x R\$ 0,20/km) mais o custo privado do tempo de viagens (custo de oportunidade x tempo de viagens). Por exemplo, para 600 veículos o custo individual é de R\$ 3,28 (R\$ 2,00 + (R\$ 0,10 / min) * 12,8 min).. O custo social da viagem (coluna "G") é a soma das colunas "E" e "F" A coluna "H" mostra a curva de demanda, onde para cada volume de tráfego apresenta-se a disposição a pagar dos motoristas para transitar na via. Por exemplo se os custos de viagem forem R\$ 20,12 o volume de tráfego será de 800 veículos. Porém se os custos caírem para R\$ 1,82 existirá uma demanda de 1.800 veículos. A figura 9 ilustra as externalidades econômicas, causadas por enchentes urbanas, e seus efeitos no custo dos tempos de viagem. Observa-se que até um determinado nível de tráfego (≤ 400 veículos) o custo de viagem é constante, mas quando o veículo 401 entra na via existe um incremento dos custos privados e sociais.

Saliente-se que a figura 9, também aplica-se a problemas de ineficiên-

cia da drenagem urbana, poluição do ar, águas, e poluição sonora de forma semelhante ao exemplo do congestionamento.

Além dos problemas acima mencionados, uma vez adensado um bairro o recurso público (que para as cidades é bastante escasso) é intensamente disputado entre os vários grupos e classes sociais. Os que conseguem são os de nível de renda mais alto, que têm algum acesso aos clubes fechados de decisores, para conseguirem a urbanização adicional nos bairros verticalizados ou por verticalizar. Nesses, a infra-estrutura existente se torna insuficiente, devido ao adensamento e, por isso, torna-se preciso trocá-la por outra de maior capacidade. Desse modo, o pouco recurso financeiro destinado às cidades vai para poucos bairros que já detinham uma infra-estrutura completa e que se tornou insuficiente pelo adensamento. É um canal de distribuição de favores que opera na distribuição desses recursos financeiros. O pretenso favor é tanto maior quanto maior for a alegada falta de recursos.

As observações anteriores são especialmente notadas quando da ocorrência de problemas (como ineficiência da drenagem urbana, causando prejuízos materiais ou ceifando vidas humanas, por exemplo e/ou congestionamentos de trânsito, poluição atmosférica, entre outros) onde não se indaga de culpa subje-

tiva do agente administrativo, mas perquire-se a falta objetiva do serviço em si mesmo como fato gerador de danos causados a terceiros. Segundo a teoria do risco administrativo (PEREIRA, 1993) diz-se que, se alguém sofreu danos, oriundos, em última análise, do funcionamento menos perfeito do serviço público, se não há culpa de ninguém, há os riscos da empresa. Se o Município não responde pela culpa, responde pelo risco.

Exemplificando as afirmações anteriores, tem-se em muitos municípios, onde nos casos de drenagem urbana as Prefeituras atribuem a culpa à população pelo entupimento de bueiros motivado pelo acúmulo de lixo, esquecendo-se de que o cidadão paga taxa de lixo, ou melhor taxa específica para este fim, existindo órgãos encarregados para tal (Departamentos Municipais de Limpeza Urbana). Outra argumentação levantada pelas Prefeituras é de que, em casos como estes, os diferentes índices pluviométricos ou intensidade das chuvas causam alagamentos por "força maior", "caso fortuito" ou por "força imprevisível", também não procedendo, tendo em vista que chuvas com 2 (dois) anos de recorrência causam o completo caos em obras dimensionadas para chuvas com 25 anos de recorrência. Outra alegação muito comum é a falta de sinalização de trânsito, alertando para a situação de local sujeito à inundação, de responsabilidade do Setor de Transportes Urbanos. E assim seguem as Prefeituras com um interminável rol de justificativas para problemas que elas mesmas causaram. As avaliações diretas (e indiretas) de tais projetos só podem ser quantificadas através de um EIA/RIMA⁶ que em muitos casos são inexistentes.

Conclusões

Os problemas ambientais que se manifestam nas cidades, especialmente áreas metropolitanas, resultam de pressões resultantes do mercado imobiliário, que movido por

⁶ EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental.

forças econômicas produzem intensas alterações no uso do solo, que por sua vez impõem modificações geomorfológicas, hidrológicas e ecológicas, sem que os governos municipais exerçam adequadamente as suas funções administrativas pertinentes.

Com o exemplo acima mostra-se que o processo de produção do uso do solo urbano causa externalidade (e na sua forma agregada um custo social) que não são economicamente quantificadas na lucratividade do mercado imobiliário. O mercado procura sempre maximizar o lucro, ou seja:

$$\text{Max } \rho' R_t \quad (5)$$

Onde $\rho = \frac{1}{(1+\delta)}$ é o fator de desconto e δ é a taxa de juro. Saliente-se que apesar da eficiência de mercados imobiliários competitivos em alocar trabalho e capital serem aceites, os mesmos causam um adensamento exagerado em áreas das cidades causando as externalidades. Neste quadro as bacias hidrográficas surgem como um mecanismo de transporte de problemas (grandes volumes de água, sedimentos, lixo, entupimento de canais pluviais, enchentes urbanas, destruição propriedade e vidas humanas) das partes de cotas topográficas altas em direção as baixas; afetando áreas muito extensas de cidades. Com estas afirmações não se deseja restringir a atuação do mercado imobiliário, mas tornar claro alguns elementos de consideração do bem estar da sociedade no momento de aprovação de novos loteamentos, ou seja:

- Adoção de bacias hidrográficas como unidade de planejamento territorial, avaliando-se o tamanho da área impermeável e capacidade de drenagem associada.
- Redução do impacto ambiental com utilização de novas tecnologias construtivas, como asfalto permeável e/ou reservatórios de amortecimento de cheias dentro dos lotes urbanos.
- Quantificação econômica do bem-estar social sendo dado por:

$$\text{Max } \rho' (R_t - D_t)$$

onde D_t é uma função que quan-

tifica o dano social dos empreendimentos análogo ao exemplo apresentado na figura 9. A função D_t deve quantificar, em termos econômicos, o impacto ambiental associado as tecnologias construtivas. Desta forma o problema anterior, que era apenas a maximização do lucro, sem as externalidades, torna-se:

$$\text{Max } B = \sum_{t=0}^{\infty} \rho' (R_t - D_t)$$

sujeito a:

$$A_{t+1} - A_t \leq A_{\text{lim}} \rightarrow \text{Variação das áreas impermeáveis até o seu limite;}$$

$$Q_t \leq Q_{\text{max}} \rightarrow \text{Teto máximo de vazões no sistema pluvial;}$$

$$\phi(A_t, Q_t, T) = 0 \rightarrow \text{Representação da função "Dano" tendo como variáveis independentes a área impermeável, vazão e tecnologia construtiva.}$$

- Com a quantificação do item anterior, promover um rateio de custos entre a prefeitura e o incorporador privado como medida compensatória do empreendimento. Trata-se de um desdobramento, que conjuga o caráter financeiro com a promoção da justiça fiscal, impondo o custeio de uma obra aos seus beneficiários diretos. Não se pode pretender que toda a sociedade pague o custo das externalidades através de impostos, mas que parcela substancial dos recursos financeiros seja gerada na própria bacia, onde se encontram os beneficiários diretos dos investimentos.

Neste artigo apresentou-se um enfoque diferente para lidar com es-

tas questões, através do pensamento sistêmico. Em vez de se olhar para cada evento e sua causa de forma isolada, o que conduz a outros eventos e muitas outras causas independentes, o pensamento sistêmico nos orienta a olhar um conjunto de eventos como um sistema, constituído por partes que interagem umas com as outras.

A figura 10 ilustra um diagrama das relações causais, conforme o exemplo da bacia hidrográfica do Arroio da Areia, apresentado neste artigo. Enfatize-se que o acontece em qualquer uma das partes envolvidas afeta todas as outras, com maior ou menor intensidade.

Os Planos Diretores, apesar de resultarem de atividades técnicas que pretendem disciplinar o sítio urbano, via de regra, ao se transformarem em lei sofrem distorções relevantes, que neutralizam as diretrizes técnicas. A aprovação de projetos emanados do setor imobiliário, não contempla as variabilidades dos meios físico e biótico que são inerentes ao conceito de bacia hidrográfica, que possibilita aferir as relações de causa e efeito em várias áreas ambientais.

A crescente incidência de alagamentos, congestionamentos no trânsito e demais aspectos da degradação ambiental motivam a mobilização de recursos públicos para tentar corrigir os problemas que resultaram do acúmulo de efeitos, cuja origem é a motivação econômica do mercado imobiliário. Consubstancia-se dessa forma a geração de externalidades

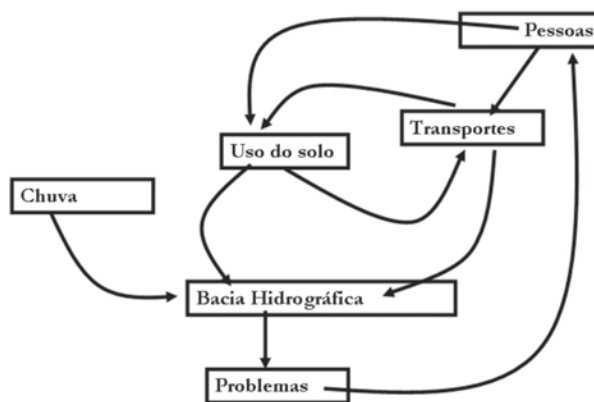


Figura 10: Diagrama Causal da Bacia Hidrográfica do Arroio da Areia.

Fonte: os autores.

econômicas negativas que são custeadas pelo conjunto dos cidadãos.

Neste quadro, o presente artigo apresentou critérios para rateio de custos ambientais, considerando bacias hidrográficas como unidades ambientais de planejamento, incorporando as externalidades econômicas em funções de produção imobiliária.

É imperiosa a tomada de decisão no sentido de considerar a bacia hidrográfica, contemplando o meio físico (geologia, geomorfologia, solo, hidrologia, uso do solo), meio biótico e meio antrópico, como unidade de planejamento territorial nos processos decisórios que envolvem gerenciamento áreas urbanas ou de expansão urbana.

Na ótica da administração de organizações esse modelo poderia ser classificado como sistêmico contingencial. Segundo este modelo, sendo a organização um sistema aberto, o que nela ocorre depende e resulta do que ocorre no ambiente. É portanto enfatizado o ambiente em que se insere a organização, e como suas necessidades mutáveis e diver-

sificadas agem sobre a dinâmica da organização, e a resultante rede de relações formadas em decorrência das demandas surgidas e das respostas emitidas. Nada é fixo, tudo é relativo e, por isto, leva à valorização do papel da negociação social pelo Gerenciamento Urbano.

Referências

CARRION, O. B. K. *Economia Urbana*. p. 395-413. In: SOUZA, N. Introdução à economia. São Paulo. Atlas, 1996.

DEAR, M. *Understanding and overcoming the NIMBY syndrome*, Journal of the American Planning Association, 58(3): 288-300. 1992

LEE, R.G., FLAMM, R., TURNER, M.G., BLEDSOE, C., CHANDLER, P., DEFERRARI, C., GOTTFRIED, R., NAIMAN, R. J., SCHUMAKER, N. & WEAR, D. *Integrating Sustainable Development and Environmental Vitality: A Landscape Ecology Approach*. p. 499-521. In: NAIMAN, R. J. Watershed Management. New York, Springer-Verlag: 1992.

MUTH, R F. *Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land use*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 355 p., 1969

MUTH, R F. *Urban economic problems*. New York: Harper&Row, 402 p., 1975

O'SULLIVAN, A. *Urban Economics* (5th ed.), Boston. McGraw-Hill, 296 p., 2003

PEREIRA, C. M. S. *Responsabilidade Civil*. Rio de Janeiro. Editora Forense. 315 p. 1993.

RICHARDSON, H W. *Economia Regional: teoria da localização, estrutura urbana e crescimento regional*. Rio de Janeiro, Zahar, 287 p., 1975.

SILVA, R. S.; e MAGALHÃES, H. *Ecotécnicas Urbanas*. In: Ciência & Ambiente, IV (7) Jul./Dez., p.33-42, 1993.

SOUZA, A. R. *A Geography of World Economy*. New York, Mcmillan Publishing Company. 497 p., 1990.

TOLLEY, R. and TURTON, B. *Transport Systems, Policy and Planning: A Geographical Approach*, Harlow, Essex: Longman. 424 p., 1995.

TUCCI, C. E. M. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos 7(1): 5-27. 2002.

TUCCI, C.E.M., PORTO, R.L.; e BARROS, M.T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH - Editora da Universidade/UFRGS. 428 pp. 1995.



Departamento de Ciências Sociais Aplicadas PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E URBANO

Publicações

Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE (indexada) e classificada como Nacional A pela Qualis da Capes – Planejamento Urbano, Regional e Demografia e Arquitetura e Urbanismo,

Cadernos de Análise Regional – classificada como Local A pela Qualis da Capes – Planejamento Urbano, Regional e Demografia e Arquitetura e Urbanismo,