

DESENVOLVIMENTO DE MODELO NEURO-ESPAÇO-TEMPORAL PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE PÚBLICO METROVIÁRIA NO VALOR DO SOLO

Vicente Correia Lima Neto
Joaquim José Guilherme de Aragão
Programa de Pós-Graduação em Transportes
Universidade de Brasília

RESUMO

Este relatório de dissertação busca apresentar o estágio do desenvolvimento da proposta de um modelo para avaliação do impacto de infra-estrutura de transporte público metroviário no valor do solo. Neste documento encontram-se as indicações do referencial teórico e o arcabouço da metodologia proposta.

ABSTRACT

This report has a purpose to present the actual stage of the methodology of appraisal the impact of transit rail infrastructure on the land value. This document presents the initials references of the theoretical basis and the proposal methodology.

1. INTRODUÇÃO

Projetos de infra-estrutura de Transporte Público Urbano são importantes para a sociedade por servir de instrumento de fomento econômico e de inclusão social. Estes projetos geram impactos econômicos e sociais no meio no qual insere-se, além de ter elementos que atuam na segregação e integração espacial da cidade, agindo diretamente na formação do espaço urbano. Tais empreendimentos geram ainda externalidades positivas ou negativas para os seus usuários, sejam eles diretos ou indiretos.

Uma externalidade considerada positiva é o desenvolvimento urbano decorrente do sistema de transporte implantado, sendo os ganhos repassados para a sociedade através do incremento da acessibilidade e mobilidade, redução das emissões de poluentes e tempo de viagem, além do aumento do valor do solo. Outra externalidade, a valorização decorrente do investimento público, é incorporada pelo proprietário de terra sem nenhuma contribuição de sua parte. Esta dinâmica fomenta a especulação imobiliária, que tem reações adversas no desenvolvimento urbano, como a reserva de vazios e o retardamento da utilização do potencial construtivo.

Este estudo busca contribuir no desenvolvimento de um modelo para quantificar o impacto no valor do solo resultante de intervenções em infra-estrutura de transporte público metroviário, do ponto de vista espacial e econômico. Este modelo possibilitará, em etapa futura, a concepção e a base instrumental de ferramentas legais para captura de valor que poderá ser utilizado para o financiamento de projetos desta natureza. Assim, pretende-se com a utilização de Redes Neurais Artificiais (RNAs) combinadas com modelagem espaço-temporal através de Sistema de Informações Geográficas (SIG) obter um modelo não linear da valorização do solo decorrente de intervenções em infra-estrutura de transporte público.

A metodologia tem como fim auxiliar os profissionais atuantes e os órgãos gestores no processo de tomada de decisões para financiamento de infra-estruturas. Para a consecução da metodologia prevê-se o desenvolvimento do modelo, definindo-se os critérios e parâmetros para o modelo de avaliação imobiliária, além de estabelecer a abrangência inicial dos impactos decorrentes de obras de infra-estrutura metroviária.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresentado sumariamente neste relatório, busca construir a base teórica e conceitual necessária para a elaboração da metodologia proposta. Para tanto, foi realizada revisão e pesquisa bibliográfica sobre os seguintes itens, detalhados a seguir: (1) Sistema de Transporte Metroviário, (2) Métodos de Avaliação Imobiliária, (3) Redes Neurais Artificiais e (4) Sistemas de Informações Geográficas.

2.1 Sistema de Transporte Metroviário

Manheim (1977) conceitua sistema de transportes, dividindo-o em cinco elementos: sistema de carga e transportes, de guia, de transferências, de manutenção e de gerenciamento. Um sistema de transportes gera diversos impactos no meio, conforme estudos de Manheim (1977) e NHCRP (2001). Apesar de diversos os conceitos, o estudo desenvolvido pelo NHCRP (2001) é o que melhor representa os elementos e impactos que são gerados pela infra-estrutura de transporte e seu reflexo na valorização (Figura 01).



Figura 1 - Inter-relação dos efeitos econômicos e sociais (NHCRP, 2001)

No caso do sistema metroviário, o impacto no valor do solo ocorre no entorno das estações de acesso ao sistema, como se observam nos estudos de Diaz (1999) e RICS (2002). De modo geral, estes estudos ilustram casos que apresentam um aumento médio de 15% no valor do solo a um raio aproximado de 500m da estação, sendo este efeito maior quando a área do entorno é comercial ou mista. Quando residencial, há a possibilidade do efeito ser negativo, com a redução do valor do solo em decorrência do aumento do tráfego, da poluição local etc.

2.2 Métodos de Avaliação Imobiliária

O processo de avaliação imobiliária é regido por norma específica no Brasil, a NBR 14653-1:2004 e NBR 14653-2:2004, que detalha os procedimentos para avaliação de bens imóveis. De acordo com Fiker (2001), o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado é o mais aconselhado para avaliação de terrenos urbanos, devendo-se observar os seguintes critérios: condições de pagamento, elasticidade da oferta, dimensões, localização e data da transação.

Os modelos previstos na norma técnica são baseados em métodos de inferência estatística, empregando técnicas de regressão linear. Estas técnicas possuem deficiências, como a restrição de não incorporar funções não-lineares ao modelo e da multicolinearidade das variáveis (Do e Grudnitski, 1992). Buscando sanar as deficiências dos modelos clássicos, estudos recentes empregam técnicas de Inteligência Artificial, notadamente RNAs, obtendo resultados superiores aos das técnicas de regressão linear quanto ao erro percentual médio e absoluto (Do e Grudnitski, 1992; Nguyen e Cripps, 2001; entre outros).

2.3 Redes Neurais Artificiais

O desenvolvimento de Redes Neurais Artificiais (RNAs) iniciou-se na tentativa de simulação de atividades complexas realizadas pelo cérebro humano, sendo sistemas inteligentes que baseiam-se na arquitetura e funcionamento do organismo, tentando reproduzir seu comportamento e o processamento de informações.

A finalidade de uma RNA é encontrar uma função que expresse a correlação entre as variáveis dependentes e independentes de um evento (Dantas, 2002). As principais vantagens de se trabalhar com RNAs são: habilidade de aprender com exemplos, robustez quanto à falhas no sistema e a velocidade de processamento, facilidade de implementação e a possibilidade de tratamento de dados com ruídos e delas serem eficientes nas soluções de problemas que não possuem forma analítica ou conhecimento explícito acessível (Bocanegra, 2002).

O neurônio artificial é a unidade fundamental de processamento de uma RNA, sendo responsável pela entrada das informações e sua conseqüente saída. Os seguintes elementos o compõem: sinapses, somatório, limiar (*threshold*), uma função de ativação e sua saída. Um outro fator importante do desenvolvimento de uma RNA é a sua topologia, que consiste no modo como a rede é organizada e estruturada, sendo a MLP (*Multilayer Perceptron*) a mais utilizada nos modelos de avaliação de imóveis. Dependendo da topologia ou do algoritmo de treinamento utilizado, a RNA pode incorporar informações temporais ao modelo (Dantas, 2002), como, por exemplo, a Rede Elman.

2.4 Sistema de Informações Geográficas e Análise Espacial

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é utilizado como uma ferramenta de análise de dados espacialmente referenciados e na geração de informações que dão suporte à tomada de decisão, tanto em Transportes como em outras áreas do conhecimento. Um SIG é composto da relação entre quatro instrumentos: Cartografia Computadorizada, Sensoriamento Remoto, CAD (Desenho Assistido por Computador) e gerência de Banco de Dados (Maguire, 1991), sendo esta a base para sua aplicação dependendo do problema em análise. Um outro aspecto fundamental é o de poder representar eventos em uma superfície geograficamente referenciada (Dantas, 2002), seja este a valorização do solo, uma rede de transportes etc.

Uma importante função de se trabalhar em SIG é a realização de Análise Espacial, que segundo Teixeira (2003) refere-se ao processo de apresentação, manipulação, análise, inferência e estimação de dados espaciais. As observações de dados espaciais podem ser modeladas, classificadas e analisadas de diversos modos, sendo a análise de superfície a aplicada neste estudo em função do evento ser analisado de forma contínua no espaço. Esta análise é indicada quando a descontinuidade de fronteira no espaço se mostre significativa, como o comportamento do valor do solo, por exemplo.

Para a realização e viabilidade deste tipo de análise são utilizadas ferramentas geoestatísticas, como a krigagem, os estimadores Kernel, as superfícies de tendências para extrapolar e interpolar os eventos existentes para as demais regiões da área de análise. O que se processa são transformações de valores pontuais para uma superfície contínua, a qual se estende por toda a área de estudo.

3. METODOLOGIA

A metodologia propõe-se a desenvolver um modelo de RNA para avaliação de imóveis que incorpora as informações temporais da valorização. O modelo será utilizado para criar cenários com e sem a infra-estrutura de transporte público metroviária implantada, sendo simulada a valorização do solo para um período, que pode se configurar como o horizonte de retorno do projeto, implantada. A diferença de valor será obtida para identificar o valor incorporado em decorrência da intervenção.

A identificação deste valor se dá em duas fases. A primeira constitui-se no desenvolvimento do modelo de RNAs, que em conjunto com a definição das variáveis, será aplicado ao estudo de caso da Região Administrativa de Águas Claras – Brasília, gerando os cenários para um dado período. A segunda fase constitui-se na geração da superfície de valor, que possibilitará determinar a abrangência da valorização na área de análise.

As variáveis consideradas relevantes nos modelos de avaliação podem ser agrupadas segundo as seguintes características – físicas, econômicas, acessibilidade, ambientais, infra-estrutura urbana e estrutura espacial e sócio-econômica da cidade. Quando da coleta de dados será observada esta classificação para pesquisa junto ao órgão responsável da venda de terrenos na Região Administrativa de Águas Claras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório busca apresentar a proposta de dissertação de mestrado, bem como seu estágio atual de desenvolvimento. A metodologia a que se refere este documento encontra-se em construção, acreditando-se que seja importante para academia por duas razões: pela contribuição quanto ao entendimento do comportamento da valorização do solo quando implantados sistemas de transporte público e pela instituição de instrumental que consiga capturar a variação de valor decorrente de tal elemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bocanegra, C.W.R. (2002) *Procedimentos para tornar mais efetivo o uso de redes neurais artificiais em Planejamento de Transportes*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Dantas, A. S. (2002) *Neural-Geo-Temporal (NGTM) for person travel demand modelling in the strategic planning of urban transportation*. Nagoya: NIT, Doctoral Thesis. Departament of Architecture and Civil Engineering, Nagoya Institute of Technology.
- Diaz, R.B. (1999) *Impacts of Rail Transit on Property Values*. Booz Allen & Hamilton Inc. Mclean, VA.
- Do, A.Q., Grufnitski, G. (1992) *A neural network approach to residential property appraisal*. Real Estate Appraiser Chicago: Vol. 58 No. 3, pp. 38-45, Dezembro 1992.
- Fiker, J. (2001) *Manual de avaliações e perícias em imóveis urbanos*. São Paulo: Ed. Pini.
- Maguire, D. *An Overview and Definition of GIS*. In: Maguire, D., Goodchild, M., Rhind, D. (eds) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. New York, John Wiley and Sons.
- Manheim, M.L. (1979) *Fundamentals of transportation systems analysis*. Cambridge: The MIT Press.
- National Cooperative Highway Research Program – NHCPR (2001). *Guidebook for Assessing the Social and Economic Effects of Transportation Projects* Transportation Research Board Washington: National Academy Press
- Nguyen, N., Cripps, A. (2001) *Predicting Housing Value: A Comparison of Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Networks*. The Journal of Real Estate Research. Vol. 22, No.3, pp.313.
- Teixeira, G.L. (2003) *Uso de dados censitários para identificação de zonas homogêneas para planejamento de transportes utilizando estatística espacial*. Dissertação de mestrado, Publicação T.Dm-010A/03, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- RICS - The Royal Institution of Chartered Surveyors (2002) *Land Value and Public Transport – Stage 1: Summary of findings*. Department of Transport. Office of the Deputy Prime Minister. Reino Unido.

