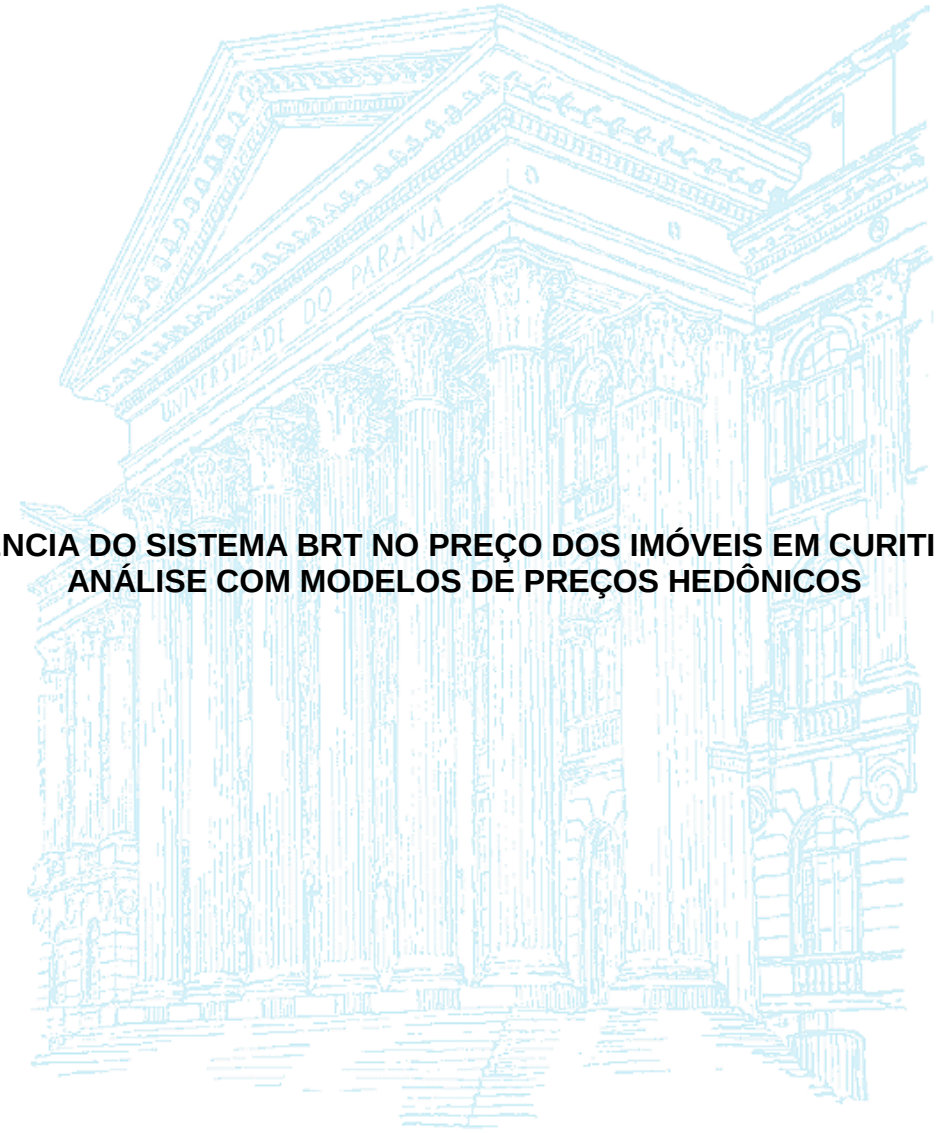
**Jani Rogério Branco**




# A INFLUÊNCIA DO SISTEMA BRT NO PREÇO DOS IMÓVEIS EM CURITIBA: UMA ANÁLISE COM MODELOS DE PREÇOS HEDÔNICOS

**CURITIBA**

**2016**

**Jani Rogério Branco**

# A INFLUÊNCIA DO SISTEMA BRT NO PREÇO DOS IMÓVEIS EM CURITIBA: UMA ANÁLISE COM MODELOS DE PREÇOS HEDÔNICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico – PPGDE, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse

**CURITIBA**

**2016**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Branco, Jani Rogério
A influência do sistema BRT no preço dos imóveis em Curitiba: uma análise com modelos de preços hedônicos / Jani Rogério Branco. - 2016.
73 f.
Orientador: Alexandre Alves Porsse.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.
Defesa: Curitiba, 2016.

1. Mercado imobiliário - Curitiba (PR). 2. Imóveis - Preços. 3. Transporte urbano - Curitiba (PR).I. Porsse, Alexandre Alves, 1974-. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. III. Título.

CDD 333.3323

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
Programa de Pós Graduação em DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO
Código CAPES: 40001016024P0

# TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JANI ROGERIO BRANCO**, intitulada: "**A INFLUÊNCIA DO SISTEMA BRT NO PREÇO DOS IMÓVEIS EM CURITIBA: UMA ANÁLISE COM MODELOS DE PREÇOS HEDÔNICOS**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 31 de Março de 2016.

Prof ALEXANDRE ALVES PORSSE (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)

Prof AUGUSTA PELINSKI RAIHER (UEPG)

Prof TERCIANE SABATINI CARVALHO (UFPR)

Dedico esse trabalho aos meus colegas da turma de mestrado, do programa PPGDE da UFPR, que me auxiliaram, com conhecimento e paciência, a superar cada obstáculo ao longo desses mais de dois anos de parceria. O convívio com esses colegas e a sua amizade, sempre dedicados e interessados no crescimento intelectual e em compartilhar o seu melhor, foram a melhor experiência em meu retorno à vida acadêmica. Aos amigos e familiares que sempre me incentivaram e acreditaram na minha capacidade e foram a minha fonte de inspiração. Dedico também a todos os professores com os quais tive aulas e acompanharam a minha evolução durante o curso de mestrado. Pessoas realmente dedicadas à formação de uma nova consciência acadêmica para a busca do desenvolvimento econômico e social brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Prefeitura Municipal de Curitiba, Secretaria Municipal de Finanças, na figura do seu ex-diretor do Departamento de Rendas Imobiliárias, Rubens Valério Franco Soffiatti, e a todos meus colegas de trabalho, por terem possibilitado a minha participação no programa de mestrado da UFPR, bem como a contribuição para a realização do trabalho de pesquisa sobre o mercado imobiliário de Curitiba. Sem a colaboração diária de todos seria impossível concluir essa missão.

Agradeço, imensamente, ao Instituto de Planejamento e Pesquisa de Curitiba, IPPUC, Departamento de Geoprocessamento, aos engenheiros Oscar Ricardo Macedo Schmeike e Alessandro Dias, que sempre atenderam às demandas referentes ao geoprocessamento dos dados de maneira precisa e rápida, sendo essa participação técnica uma parte fundamental e essencial para a consistência e robustez da pesquisa imobiliária realizada.

Agradecimento, todo especial, ao Prof. Fernando Motta Correa, que foi quem me acolheu e incentivou a participar do programa, quando decidi retornar os estudos e dar início ao curso de mestrado. Muita gratidão e admiração ao amigo e Prof. Alexandre Alves Porsse, que fez a orientação dessa dissertação e não poupou esforços e dedicação para a sua realização.

Agradeço também à minha família, amigos e sobretudo, minha esposa Desireé Branco, pela paciência, dedicação, compreensão e carinho nos momentos em que me fiz ausente do seu precioso convívio.

Acima de tudo, agradeço a Deus pela oportunidade, saúde e a força de vontade constante para estar sempre em busca do conhecimento e da ampliação de meus próprios horizontes.

"Antes que você possa alcançar o topo de uma árvore e entender os brotos e as flores, você terá de ir fundo nas raízes, porque o segredo está lá. E, quanto mais fundo vão as raízes, mais alto vai a árvore"

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de analisar a influência do sistema de transporte coletivo, "*Bus Rapid Transit"* - BRT, no valor dos imóveis da cidade de Curitiba utilizando um modelo de preços hedônicos espacial para os terrenos e imóveis edificados em condomínio vertical. Os dados pesquisados compreendem o período de 2005 a 2014 e foram obtidos através do sistema de pesquisa da Divisão de Avaliação e Pesquisa Imobiliária, junto à Secretaria de Finanças da Prefeitura Municipal de Curitiba. Houve o tratamento da amostra com a obtenção do georreferenciamento dos pontos pesquisados e as medidas de distância de cada ponto ao Marco Zero da cidade e aos pontos referentes às estações de parada de ônibus expresso, BRT. O estudo está baseado na literatura existente sobre mobilidade urbana através do BRT, e seu impacto nos preços de imóveis, em especial os trabalhos de Cervero e Kang (2011), Rodríguez e Mojica (2009), e a teoria de desenvolvimento urbano baseada em *Central Busines District*, CBD, com a aplicação da análise de preços Hedônicos. O artigo utiliza os modelos hedônicos com Regressão Linear espacial, OLS, autorregressivo espacial, SAR, e autorregressivo espacial no termo de erro, SEM, para estimar as variações dos preços dos imóveis em áreas urbanas afetadas direta e indiretamente pela proximidade aos pontos de parada dos BRT's. Foram analisados os resultados para o modelo SEM, como modelo final, já que foi o que mais se ajustou aos dados. Para terrenos os resultados apresentaram, para distância aos pontos de BRT, o coeficiente de valorização de 62,60% para intervalo de 100 metros e 60,58% para 200 metros, decaindo gradualmente até 14% em 1000 metros. Para apartamentos os coeficientes significativos são alcançados somente até a faixa de 400 metros e foram obtidos os coeficientes de valorização 6,88% para 100 metros de distância, 6,97% para 200, 3,97% para 300 e 4,20% para 400. A qualidade dos diferentes modelos é comparada com uma série de hipóteses sobre o desempenho das especificações considerando as relações espaciais entre as observações e critérios de informação para escolha do modelo e tipo de matriz. Os resultados confirmam a influência positiva nos preços dos imóveis, em relação à proximidade aos pontos de BRT, a conformidade da cidade de Curitiba ao tipo de desenvolvimento urbano orientado pelos eixos estruturantes definidos pelo sistema de transporte e a aderência à configuração de CBD.



**Palavras-chaves**: preços hedônicos. dependência espacial. preços de imóveis. BRT. Curitiba.

## ABSTRACT

The objective of the research is to analyze the influence of the BRT public transport system in the value of real estate in the city of Curitiba using a model of spatial hedonic prices for land and apartments. The surveyed data cover the period 2005-2014 and made through the research of the Division of Real Estate Evaluation and Research system by the Finance Department of the Curitiba City Hall. There was the treatment of the sample with getting the georeferencing of points surveyed and distance measurements of each point to ground zero of the city and points regarding the express bus stop stations, BRT. The study is based on existing literature on urban mobility through the Bus Rapid Transit, BRT, and its impact on real estate prices, especially the works of Cervero and Kang (2011), Rodriguez and Mojica (2009), and the development of theory urban, central busines district, CBD, with the application of hedonic price analysis. The article uses the hedonic models with spatial linear regression, OLS, spatial autoregression, SAR, and spatial autoregression in the error term, SEM, to estimate the variations in property prices in direct urban areas affected and indirectly by the proximity to the stop points of BRT's. We analyzed the results for the SEM model as the final model, since it was the most adjusted to the data. To land the results presented to distance the points of BRT, the 62.60% recovery factor for the range of 100 meters and 60.58% for 200 meters, gradually decreasing to 14% in 1000 meters. For apartments the significant coefficients are reached only to the range of 400 meters were obtained and the adjustment coefficients 6.88% to 100 meters away, to 6.97% 200 3.97% to 300 and 4.20% for 400. The quality of the different models is compared with a series of hypotheses regarding the performance specifications of considering the spatial relationships between the observations and information criteria to select the model and type of matrix. The results confirm the positive influence on property prices in relation to proximity to points of BRT, compliance of Curitiba to the type of urban development guided by the structural axes defined by the transport system and adherence to the CBD configuration.



**Keywords**: hedonic pricing models. spatial dependence. real estate prices. BRT. Curitiba.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA FONTE: URBS .....20
FIGURA 2 -CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ESTRUTURANTE DE EIXOS DE BRT IPPUC .....22
FIGURA 3 - EIXO ESTRUTURAL LESTE -OESTE DO SISTEMA DE TRANSPORTE DE CURITIBA FONTE:URBS .....23
FIGURA 4 - MAPA DE CURITIBA - PLANEJAMENTO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO FONTE: IPPUC.....24
FIGURA 5 - MAPA DE CURITIBA - PESQUISA IMOBILIÁRIA DE TERRENOS ..... 35
FIGURA 6 - MAPA DE CURITIBA - PESQUISA IMOBILIÁRIA APARTAMENTOS .36
FIGURA 7- GRÁFICO DE DISPERSÃO I DE MORAN LOCAL TERRENOS.....53
FIGURA 8 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS PADRÕES DE AGLOMERAÇÃO I MORAN LOCAL TERRENOS .....55
FIGURA 9 - GRÁFICO DE DISPERSÃO I DE MORAN LOCAL APARTAMENTOS .55
FIGURA 10 - MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS PADRÕES DE AGLOMERAÇÃO I MORAN LOCAL APARTAMENTOS .....56

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS PARA TERRENOS PERÍODO 2005-2014 .....411
TABELA 2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS PARA APARTAMENTOS PARA O PERÍODO 2005-2014 .....422
TABELA 3 ÍNDICE I-MORAN PARA AS VARIÁVEIS DE TERRENOS UTILIZANDO A MATRIZ DE CONTIGUIDADE QUEEN-1 .....577
TABELA 4 INDICE I-MORAN PARA AS VARIÁVEIS DE APARTAMENTOS UTILIZANDO A MATRIZ DE CONTIGUIDADE QUEEN-1 ..... 588
TABELA 5 ÍNDICE I – MORAN DOS RESÍDUOS PARA TERRENOS ..... 60
TABELA 6 TESTES DA REGRESSÃO TERRENOS - QUEEN1 ..... 60
TABELA 7 MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL PARA AMOSTRA DE TERRENOS DE CURTITIBA 2005 – 2014..... 61
TABELA 8 ÍNDICE I – MORAN DOS RESÍDUOS PARA APARTAMEMNTOS... 633
TABELA 9 TESTES DA REGRESSÃO APARTAMENTOS - QUEEN1..... 634
TABELA 10 MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL PARA AMOSTRA DE APARTAMENTOS DE CURTITIBA 2005 – 2014..... 655

## LISTA DE SIGLAS

ANTP - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE
APPUC - ASSOCIAÇÃO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO DE CURITIBA
APTA - AGÊNCIA DE TRANSPORTE PÚBLICO AMERICANA
BRT - BUS RAPID TRANSIT (TRANSPORTE RÁPIDO SOB ÔNIBUS)
CBD - CENTRAL BUSINESS DISTRICT (DISTRITO CENTRAL)
COPLAC - COMISSÃO DE PLANEJAMENTO DE CURITIBA
EUA - ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA DO NORTE
GWR - GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION
IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IPCA - ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLO
IPPUC - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E PESQUISA DE CURITIBA
IPTU - IMPOSTO PREDIAL E TERRITORIAL URBANO
ITBI - IMPOSTO SOBRE A TRANSMISSÃO DE IMÓVEIS INTERVIVOS
MLR - MODELO DE REGRESSÃO LINEAR
NTU - NÚCLEO DE TRANSPORTES URBANOS
PPGDE - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO
RIT - REDE INTEGRADA DE TRANSPORTES METROPOLITANOS
RMC - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA
SAR - MODELO DE REGRESSÃO COM DEFASAGEM ESPACIAL
SDM - MODELO DE DURBIN ESPACIAL
SEM - MODELO DE REGRESSÃO DE ERRO AUTORREGRESSIVO ESPACIAL
SERETE - SOCIEDADE DE ESTUDOS E PROJETOS LTDA
UFPR - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
URBS - URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S/A
VLT - VEÍCULO LEVE SOBRE TRÍLHOS

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO** ..... 12

**2 HISTÓRICO E CONCEITOS DO SISTEMA BRT** ..... 18

2.1 Histórico da evolução do sistema BRT ..... 18

2.2 Conceitos e elementos característicos do sistema BRT ..... 21

**3 REVISÃO DA LITERATURA: MODELOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS** ..... 26

**4 –DADOS E MÉTODOS** ..... 32

4.1 Dados ..... 32

4.2 Análise exploratória de dados espaciais ..... 43

4.3 Modelos Econométricos Em Corte Transversal ..... 46

4.4 Estrutura do modelo de preços hedônicos para terrenos e apartamentos ..... 49

**5 RESULTADOS E ANÁLISE** ..... 54

5.1 A análise dos resultados da AEDE ..... 54

5.2 Resultados dos modelos de preços hedônicos para terrenos ..... 59

5.3 Resultados dos modelos de preços hedônicos para apartamentos ..... 62

**CONCLUSÕES** ..... 68

**REFERÊNCIAS** ..... 71

# 1 INTRODUÇÃO

Curitiba é considerada a pioneira na implantação do sistema "*Bus Rapid Transit"* - BRT, o qual foi introduzido e vem sendo aprimorado desde o início da década de 70. O projeto foi concebido de modo a integrar todo sistema viário e o uso do solo, como um dos pilares do planejamento proposto pelo Plano Diretor de Curitiba. Os eixos de BRT foram projetados de maneira a orientar o adensamento populacional e a verticalização ordenada, com regras de uso do solo e zoneamento a fim de permitir a integração entre transporte, moradia e serviços, expandindo a ocupação urbana além do centro da cidade. Esse sistema foi amplamente difundido e copiado, sendo que a capital do Paraná se tornou referência desses serviços de ônibus rápido pelo mundo.

A ideia inicial, que levou à implantação do sistema BRT, surgiu da adaptação de um projeto concebido em 1969 para um tipo de metrô utilizando Veículos Leves sobre Trilhos (VLT). Em 1971 iniciou-se a implantação das vias estruturais propostas no Plano Diretor de Curitiba de 1966, desenvolvido pelo consórcio formado entre a Sociedade Serete de Estudos e Projetos Ltda. e Jorge Wilheim Arquitetos Associados, que ganhou uma concorrência para elaboração do novo plano diretor. O início das operações do sistema integrado de transporte deu-se com ônibus, por uma questão de viabilidade econômica, haja vista o seu menor custo de implantação e rapidez na execução. Entre continuar com o sistema convencional e aguardar uma solução com o metrô a longo prazo, a opção foi adaptar algumas características do metrô ao uso do ônibus.

Assim, em 1974, o ônibus expresso foi implantado com 20 km de canaletas exclusivas no eixo Norte/Sul. Com as paradas em pontos determinados e mais espaçadas (900 metros entre elas), as integrações em terminais, pagamento antecipado da tarifa, vias exclusivas, dentre outras características, posteriormente e gradualmente incorporadas, estabelecendo uma inovação e ruptura com o sistema convencional, que caracterizava o transporte coletivo da cidade até então. O sistema convencional, tal como na época em que foi gradativamente implantado o BRT, tem como características ter cobrador de passagem interno ao ônibus, percorrer o

itinerário em vias não exclusivas, concorrendo com o fluxo de veículos individuais, com subida e descida diretamente da rua, e não ser integrado em terminais de transporte. Esse sistema ainda coexiste com o BRT, em linhas de menor fluxo e extensão.

A implantação gradativa de uma rede de transporte coletivo de alto desempenho ao longo dos anos, aliada à adoção de políticas que fomentavam o uso misto do solo e uma maior densidade populacional no entorno destes eixos, foi determinante para o desenvolvimento da cidade (NTU, 2010). Em virtude disso, Curitiba desponta como uma das capitais brasileiras com o menor tempo de deslocamento casa-trabalho, (Pereira e Schwanen, 2013).

A configuração do sistema, basicamente, prioriza o acesso ao transporte coletivo, aonde próximo ao eixo BRT está o zoneamento dito estrutural, em que é permitido uma maior verticalização e construções de uso residencial e comercial. Gradualmente, o potencial de verticalização vai diminuindo à medida em que os terrenos se afastam desse sistema, chegando aos terrenos em que são permitidas apenas residências térreas. A grade de zoneamento, portanto, inicia com o zoneamento estrutural e vai declinando de ZR4[1] (zoneamento residencial de fator 4) até ZR1 (zoneamento residencial de fator 1).

Trata-se de um sistema de eixos em que a estrutura principal se desenvolve com adensamento decrescente possibilitando o acesso facilitado aos pontos de BRT, e à medida que se afasta da faixa exclusiva, o adensamento vai sendo reduzido. As vias destinadas aos veículos são paralelas aos eixos de BRT, divididas em vias de tráfego rápido e vias marginais mais lentas, compondo assim um sistema ternário de distribuição do tráfego.

Curitiba possui uma população de 1,7 milhão de habitantes e a sua Região Metropolitana (RMC) é formada por 26 municípios com 3,1 milhões de habitantes

[1] O zoneamento indica tipo de uso e o potencial construtivo de um terreno e está definido pela Lei Municipal No9.800/2000, disponível no sítio http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220. Os zoenamentos mais comuns são: ZR1 que se trata de zoneamento residencial para habitação unifamiliar de até um pavimento; ZR2 que é definido como de uso residencial permitindo construção de dois pavimentos; e assim teríamos o ZR3 e ZR4, respectivamente, com três e quatro pavimentos. Há ainda fatores associados à localização que determinam o aproveitamento da área, elevando ou reduzindo o potencial construtivo. Por exemplo, usando multiplicadores de potencial construtivo, o zoneamento ZR4 pode ter até oito pavimentos.

(IBGE,2010). Atualmente, mais de 2 milhões de passageiros utilizam diariamente o Sistema Integrado de Transporte Coletivo (RIT).

O sistema BRT[2] conta atualmente com 193 ônibus biarticulados. São oito linhas, duas delas do Expresso Ligeirão, que transportam, por dia, em torno de 600 mil passageiros. O BRT é a base da Rede Integrada de Transporte (RIT) que registra, por dia, 2,3 milhões de passageiros. A estrutura atual do sistema de transporte conta com 81 quilômetros de canaletas, 30 terminais de transporte (nove deles metropolitanos), 357 estações tubo, 9.050 pontos de parada e uma frota operante de 1.945 ônibus. Por dia, os ônibus fazem 21 mil viagens percorrendo, diariamente, em torno de 480 mil quilômetros.

Com o intuito de atender a demanda crescente por transporte público através da expansão do sistema BRT, em 2003, a Prefeitura de Curitiba desenvolveu estudos e projetos para implantação de um Eixo Metropolitano de Transporte, chamado Linha Verde. Esse corredor terá 22 km de extensão, ligando o Norte e o Sul da cidade através do antigo eixo da rodovia BR-116, interligado ao restante do sistema e oferecendo mais 14 estações de parada de BRT, com previsão de conclusão para meados de 2017.

A magnitude do sistema BRT em Curitiba e o modelo de desenvolvimento urbano adotado, tendo a mobilidade como fator estruturante da ocupação e uso do solo, reflete a grande influência desse conjunto de diretrizes e é possível perceber facilmente como foi, e ainda é, determinante para a urbanização e ocupação dos espaços da cidade, consequentemente, com impacto direto sobre o mercado imobiliário.

As preferências dos consumidores de imóveis são diretamente afetadas pela infraestrutura viária e a distribuição dos eixos de BRT. A mobilidade é percebida como determinante extremamente relevante na escolha dos imóveis como uma amenidade e um atributo na formação dos preços dos imóveis urbanos.

Desse modo surge a motivação em estabelecer a relação de impacto desse sistema na formação de preços dos imóveis e distinguir a sua parcela de

[2] No sitio da Prefeitura de Curitiba há um breve histórico sobre o sistema BRT em Curitiba http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/sistema-de-expresso-comecou-com-20-onibus/34196

participação dentro dos atributos que compõe o preço de um imóvel urbano inserido nesse tipo de configuração espacial.

Como contribuição, o trabalho trata de fornecer elementos de dados primários oriundos de uma pesquisa de campo de longo prazo (10 anos). Esses dados foram coletados e referenciados geograficamente, com informações de localização e distâncias, formando um banco de informações capaz de fornecer o subsídio para a avaliação do impacto do sistema de BRT na formação dos preços dos imóveis. Essa relação de impacto é estudada, principalmente, de acordo com sua proximidade aos pontos de BRT.

Outra questão relevante é o fato de Curitiba ter um modelo de desenvolvimento orientado, a *priori*, pelo sistema de mobilidade. A grande maioria das cidades onde o BRT foi implantado, a orientação se deu, a posteriori, ou seja, a estrutura urbana já estava consolidada, e muitas vezes, sem condições de haver a conversão dos imóveis em edificações com maior potencial de verticalização. Logo essa análise contribui para estabelecer uma avaliação desse tipo de política de desenvolvimento urbano já consolidado, quanto à concentração demográfica, mobilidade e precificação dos ativos imobiliários, induzidos por um sistema apoiado sob o tripé: uso do solo, zoneamento e transporte de massa.

A abordagem dos preços hedônicos (ou preços implícitos) escolhida nesse trabalho segue como método de avaliação de bens e tem por base a hipótese de Lancaster (1966) e o modelo proposto por Rosen[3] (1974), de que os atributos de uma determinada mercadoria têm valor por propiciar utilidade a quem os consome. Desse modo, os atributos são responsáveis por parte do valor de mercado de um bem. Assim, em um modelo de diferenciação do produto com base na hipótese hedônica de que os bens são avaliados por seus atributos ou características. Os preços hedônicos são definidos como os preços implícitos de cada atributo relacionados a um bem, e são revelados aos agentes econômicos os preços observados e os montantes especificos de características que lhes estão associados.

[3] ROSEN, S. *Hedonic price and implicit markets: product differentiation in pure competition*. Journal of Political Economics, 82, p. 34-55, 1974.

Segundo Bajari e Benkard (2005), “a abordagem de Rosen solidificou a teoria hedônica e permitiu sua aplicação em ampla variedade de áreas, que vão desde habitação, economia do setor público, economia ambiental, mercado de trabalho, até marketing e organização industrial. ”

Vários estudos têm se concentrado no impacto causado pelo Bus *Rapid Transit* (BRT) em preços do mercado imobiliário. Rodríguez e Mojica (2009) estudaram o impacto sobre valores de propriedade causado pela introdução de um sistema de BRT na cidade de Bogotá, Bolívia, e encontraram aumentos de preços entre 13% e 14%. A influência do mesmo sistema de BRT foi novamente examinada por Munoz-Raskin (2010), que descobriu que as propriedades mais próximas as paradas de ônibus tiveram um valor 4,5% menor do que o resto das propriedades em Bogotá.

No entanto, Munoz e Raskin também descobriram que as propriedades localizadas a menos de 5 minutos de caminhada, a partir das paradas, foram valorizadas em 8,7% a mais do que aquelas localizadas entre 5 e 10 min a pé, concluindo que as famílias estavam dispostas a pagar mais para estar localizadas próximas ao sistema BRT. Cervero e Kang (2011), utilizam vários níveis de regressão hedônica para estimar a capitalização da introdução de um novo sistema de BRT em Seul, Coreia do Sul e os aumentos encontrados no valor das propriedades foram de até 10% para os residentes a menos de 300 m de um ponto de parada na rede. Áreas próximas aos pontos de parada do BRT (clusters), comércio e uso misto da terra (zoneamento) também podem ter influência e serem mensurados em relação aos benefícios em termos de preços dos imóveis (Zhou e Kockelman, 2008).

Neste contexto, os objetivos do trabalho são analisar a influência do sistema BRT no valor dos imóveis na cidade de Curitiba, utilizando um modelo de preço hedônico espacial para terrenos e apartamentos e, também, mensurar o impacto relacionado com a proximidade de um ponto de parada de BRT, diferentes tipos de zoneamento e outras características implícitas aos imóveis para decompor a participação de cada atributo na formação do preço.

A configuração de um banco de dados, capaz de reunir os dados necessários, foi obtida através da pesquisa imobiliária realizada para um período de

dez anos (2005-2014). O tratamento dos dados foi feito para verificar a consistência das informações, verificando cada dado coletado através dos anúncios com o cadastro imobiliário da prefeitura de Curitiba. Assim pode-se verificar a área, idade, padrão de construção, zoneamento e localização de cada imóvel. A localização serviu para realizar o georreferenciamento e, posteriormente, calcular as distâncias de cada ponto coletado em relação ao CBD e aos pontos de parada de BRT[4]. Foram incluídas variáveis do tipo *dummy* para controlar os efeitos de valorização temporal para a variável dos preços dos imóveis.

O resultado esperado é a correlação entre a distância e o preço dos imóveis, tanto em relação aos pontos de BRT, como em relação ao CBD, indicando que o valor é maior no entorno dos eixos do sistema e gradualmente decresce à medida que se afasta do CBD e dos eixos de BRT.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo o primeiro, esta introdução sobre as características do sistema BRT, o segundo um breve histórico do seu desenvolvimento e os conceitos de BRT. No capítulo seguinte é feita a revisão da literatura relacionada e o estado da arte em termos das possibilidades de uso dos modelos teóricos e empíricos de preços hedônicos. O capítulo quatro traz a metodologia e especificação teórica de cada modelo, bem como a apresentação das possíveis variáveis a serem utilizadas, sendo a análise dos dados e resultados empíricos apresentados no quinto capítulo, e no último as conclusões e considerações finais do presente trabalho.

[4] As distâncias foram calculadas através do software ArcGis, tomando-se a distância da reta, ponto a ponto, medida em metros.

# 2 HISTÓRICO E CONCEITOS DO SISTEMA BRT

## 2.1 Histórico da evolução do sistema BRT

Nos 20 anos após proposta de Alfred Agache (plano urbanístico de Curitiba, encomendado em 1941, para a firma paulista Coimbra Bueno & Cia, entregue à Prefeitura de Curitiba em 23 de outubro de 1943), a cidade ainda cresceu desordenadamente.

O Plano Agache consistia em um sistema radial de vias ao redor do centro e orientou o planejamento municipal até 1958, quando foi criado o Departamento de Urbanismo da Prefeitura, junto com a Coplac - Comissão de Planejamento de Curitiba. Em 1964, o consórcio formado pela Sociedade Serete de Estudos e Projetos Ltda. e Jorge Wilheim Arquitetos Associados ganhou uma concorrência para elaboração do novo plano diretor. Na equipe local designada para acompanhar o plano preliminar fazia parte o arquiteto Jaime Lerner, e, deste grupo, surgiu a Assessoria de Pesquisa e Planejamento de Curitiba - APPUC (IPPUC, 2004), que viria a se tornar o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC, em 1965, ainda hoje responsável pelo planejamento urbano da cidade.

O novo plano diretor propunha desenvolvimento da cidade seguindo eixos de crescimento lineares, nos sentidos Norte/Sul e Leste/Oeste. Esses eixos teriam transporte coletivo de massa, integrado em terminais e zoneamento específico, sendo o zoneamento estrutural o único na cidade onde se poderia construir edifícios com mais de oito pavimentos reservando o térreo para atividades de comércio e serviços.

Em 1971 iniciou-se a construção das vias estruturais propostas no plano diretor de 1966, apesar de o modal não estar totalmente definido. A partir de então, a função do centro tradicional como único ponto gerador de serviços foi sendo mitigada.

A inclusão de espaço viário dedicado para ônibus iniciou nas américas no princípio dos anos 70, Wright e Hook (2007) com a implantação de faixas preferenciais nos EUA, na cidade de Lima, no Peru, em 1972. Em Curitiba as canaletas expressas datam de 1974.

O sistema atual de Curitiba teve origem na adaptação de projetos de veículos sobre trilhos que, por questões de viabilidade econômica na época, optou-se pelo uso do ônibus em corredores de via dupla separados do tráfego comum através das chamadas canaletas de vias expressas, alimentadas por sistema convencional em estações com destino ao centro.

Curitiba alcançou a condição de primeiro BRT do mundo (Lindau et al., 2010) com a adoção de: (*i*) ônibus articulados em 1984; (*ii*) estações tubo em 1991, que possibilitaram o embarque em nível e o pré-pagamento; e (*iii*) biarticulados em 1992 (URBS, 2013). A representação cronológica da evolução do sistema de transporte integrado (RIT) pode ser melhor observada através dos mapas apresentados na Figura 1.

Segundo Lindau et al., 2010, a abordagem de Curitiba é única no Brasil e o IPPUC e URBS exercem um papel fundamental para garantir a continuidade em termos de soluções, tanto de tráfico e transportes, como de planejamento urbano. Enquanto a URBS é responsável pelo planejamento e controle do tráfego da região metropolitana da cidade, participando das licitações de concessões aos operadores do sistema de transporte, o IPPUC atua consolidando os planos de desenvolvimento urbano, com projetos e programas em diferentes áreas da administração da cidade.

Curitiba tornou-se um modelo para planejadores urbanos por fornecer um dos raros casos onde o planejamento e a sua execução transcendem os ciclos das administrações políticas.

Lindau et al., 2010, destaca que entre a década de 70, quando foram implantados os primeiros corredores de ônibus nas américas, até o ano 2000, quando foi inaugurado o "*TransMilenio"* em Bogotá, a expansão dos corredores de ônibus foi modesta, porém, após a virada do milênio, o crescimento apresentado se tornou exponencial.

> *"Praticamente todos os componentes de BRT foram desenvolvidos na cidade de Curitiba durante os anos 70, 80 e começo dos anos 90, embora ninguém usasse nessa época a expressão "Bus Rapid Transit". O processo consistia simplesmente na aplicação de novas ideias para melhorar a eficiência e a qualidade dos eixos de Ônibus Expressos e da RIT (Rede Integrada de Transporte) de Curitiba. Essa tecnologia, hoje bastante difundida, vem sendo adotada por grandes cidades em todo o mundo, como Londres, Johanesburgo,*

*Istambul, Teerã, Nova Dehli, Beijing, Los Angeles, Cidade do México, Bogotá e São Paulo, entre outras."*

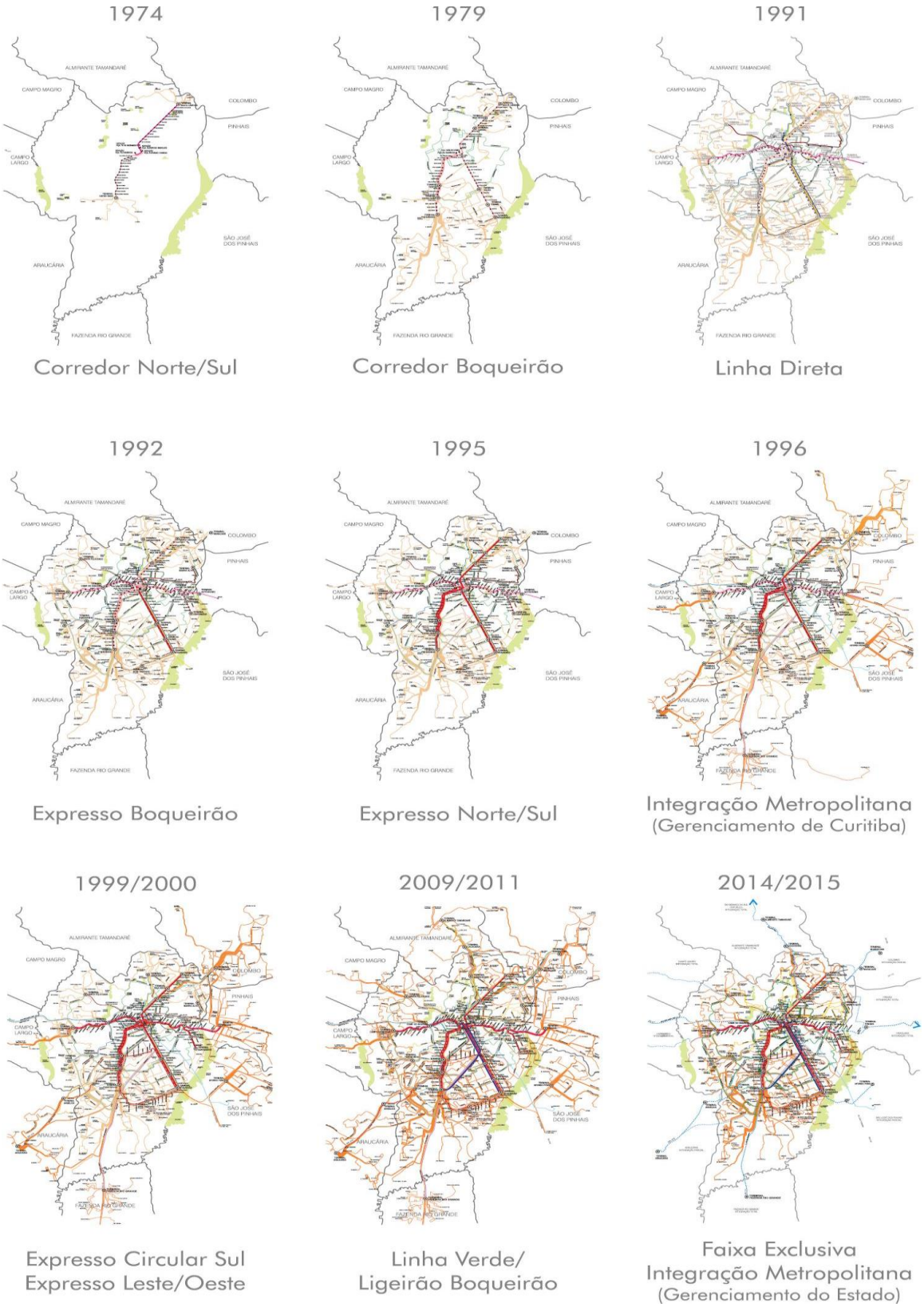



*Figura 1- Evolução do sistema de transporte de Curitiba e Região metropolitana - Fonte: URBS*

Atualmente o sistema BRT conta com 193 ônibus biarticulados. São oito linhas, duas delas do Expresso Ligeirão, que transportam, por dia, em torno de 600 mil passageiros. O BRT é a base da Rede Integrada de Transporte que registra, por dia, 2,3 milhões de usuários. A estrutura atual do sistema de transporte conta com 81 quilômetros de canaletas e 30 terminais de transporte.

## 2.2 Conceitos e elementos característicos do sistema BRT

Inicialmente, pode ser definido BRT (*Bus rapid Transit)* como um sistema de transporte coletivo de alto desempenho e qualidade que utiliza veículos sobre pneus, com deslocamento prioritário através de vias exclusivas e operando em superfície.

Os objetivos principais do sistema são: aumentar a velocidade de deslocamento, reduzir o tempo de espera, proporcionar maior conforto ao usuário com a facilidade de entrada e saída em nível (inclusive para pessoas com limitações físicas), facilitar a operação com pagamento eletrônico antecipado ao embarque e informações sobre horários. Proporcionar a integração com outros modais de transporte com um único bilhete, elevar o número de passageiros transportados por hora e manter uma frequência adequada com a demanda do sistema.

Como solução para agilizar o tráfego de ônibus, devido aos congestionamentos nas cidades de médio a grande porte, a adoção de faixas exclusivas é determinante. Essa medida aumenta as velocidades operacionais e diminui o tempo de viagem e ainda contribui para a redução das frotas de ônibus e, assim, para a redução de custos do sistema.

As faixas exclusivas reforçam a identidade visual do sistema BRT e impactam na configuração do ambiente urbano. São projetadas para permitir a rapidez no deslocamento dos ônibus com segurança, proporcionando o aumento do número de usuários/hora com menos veículos (ônibus com capacidade acima de 260 passageiros), elevando a eficiência através da redução do custo unitário do transporte.

A interferência no restante do fluxo viário depende do tipo de intervenção adotada e deve ser minimizada em relação aos modais de transporte concorrentes ou não, dependendo da intenção do plano urbano. Podem ser faixas simples, concorrentes com outros veículos ou pedestres, faixas duplas exclusivas e até mesmo com pontos de ultrapassagem pré-definida. A estrutura do espaço viário dedicado pode ser definida *a priori*, através de um projeto estruturante ou, quando já há limitações urbanas, através da transformação ou concorrência com o transporte individual por veículos.

A Figura 2 apresenta um esquema do modelo implantado em Curitiba em que é priorizado o transporte coletivo e há uma ordenação da ocupação e uso do solo. O zoneamento e uso do solo são definidos de acordo com a proximidade ao eixo das vias expressas, o que caracteriza a cidade como precursora no planejamento urbano integrado ao transporte de massa como indutor do desenvolvimento do adensamento demográfico ao redor dos eixos viários. Assim a estrutura de moradia, serviços e emprego deixa de ser concentrada exclusivamente no centro da cidade, proporcionando uma desejável e ordenada dispersão populacional, aliviando a estrutura já saturada do CBD (*Central Business District*).

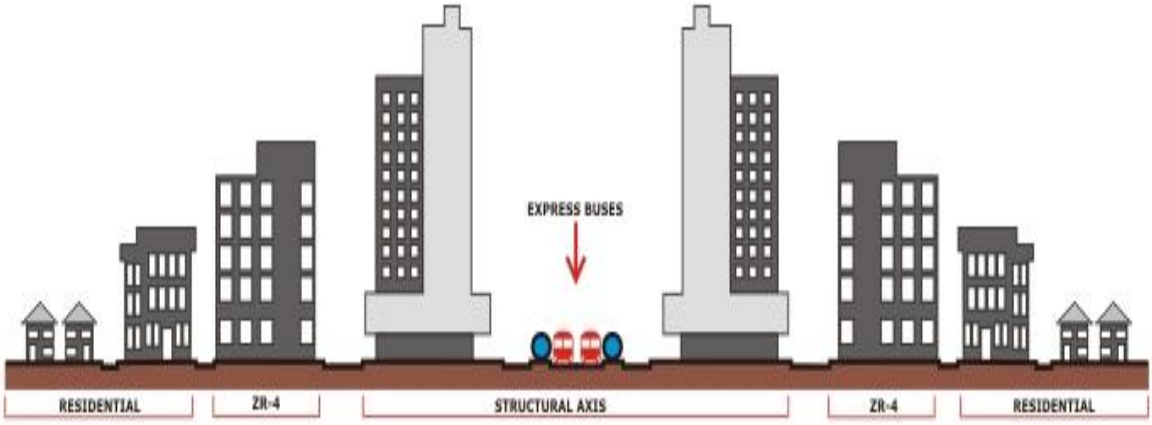



*Figura 2 -Configuração do Sistema Estruturante de Eixos de BRT- IPPUC*

O sistema de transporte formado pelas linhas expressas, alimentadoras, interbairros e diretas é complementado por outros tipos de serviços: convencionais; circular centro; ensino especial; Inter hospitais; e turismo.

Uma vista aérea de Curitiba deixa claro como o plano diretor modelou a estrutura urbana através da estrutura do transporte de massa. Ao centro da Figura 3, fica a via expressa e as edificações com altura mais elevada. Esse zoneamento estrutural permite a verticalização dada algumas condições de tamanho de terreno, recuo, estacionamento, disponibilização de áreas comerciais e de serviços por parte dos empreendedores segundo a legislação específica de ocupação e uso do solo[5].

Gradualmente o zoneamento vai sendo alterado para ZR4 (zoneamento residencial com fator 4) até ZR1 (zoneamento residencial com fator 1), reduzindo o potencial construtivo à medida em que se afasta do eixo do BRT.

*Figura 3 - Eixo estrutural Leste -Oeste do sistema de transporte de Curitiba - Fonte:URBS*

O zoneamento denominado setor estrutural (SE), está posicionado contiguamente ao eixo BRT e sua configuração permite a verticalização máxima, dentro dos parâmetros e benefícios referentes à implantação de áreas de recuo e

[5] LEI No9.800/2000 - Sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba-jan.de 2000- <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220>

destinadas ao comércio e serviços (lojas, galerias e centros comerciais nos primeiros andares).

Esse modelo de ocupação tem reflexos diretos no adensamento demográfico e, consequentemente, no valor dos terrenos destinados à construção civil. Quanto maior o potencial construtivo de um terreno, maior será o seu valor, e esse valor aumenta de acordo com a proximidade ao eixo e aos pontos de BRT, Figura 4.

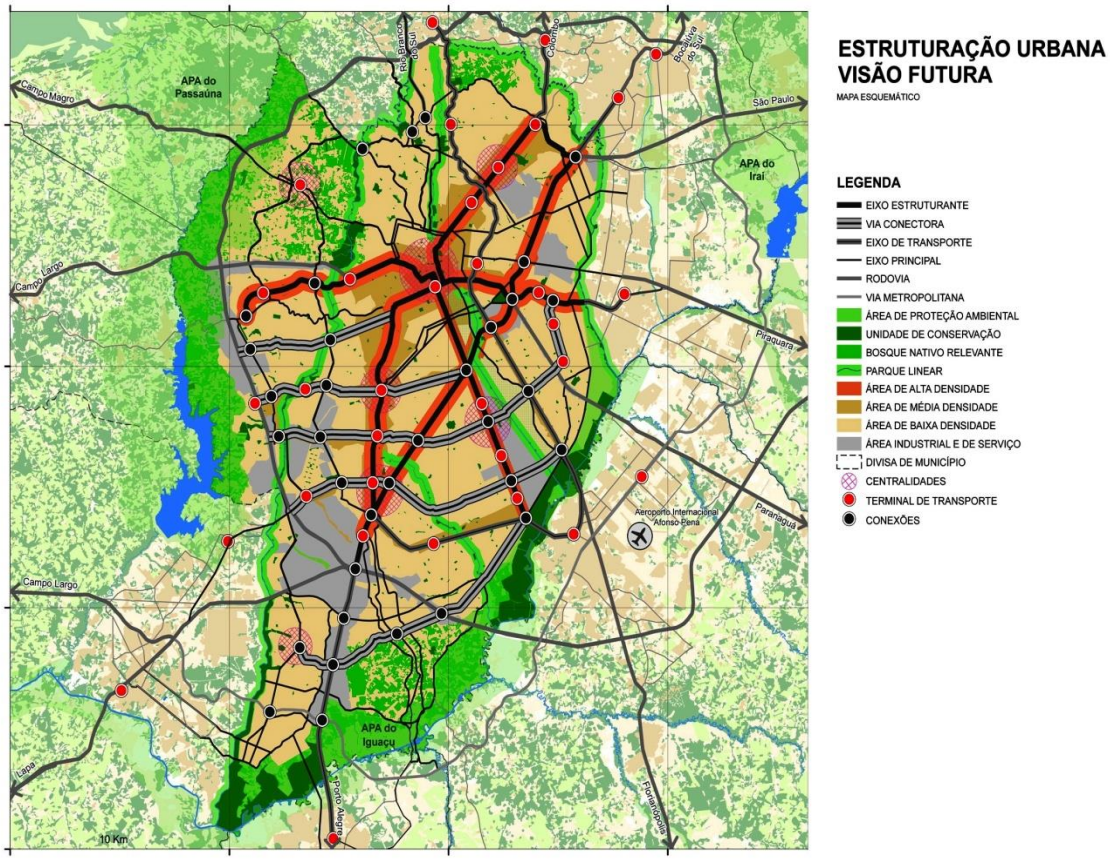



*Figura 4- MAPA DE CURITIBA - PLANEJAMENTO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO - Fonte: IPPUC*

O mesmo acontece com imóveis edificados, no caso deste estudo, apartamentos, refletindo a preferência do consumidor pelas amenidades oferecidas em termos de mobilidade e serviços no entorno das vias exclusivas de transporte.

Notadamente os serviços e principalmente o comércio buscam localizar-se próximos aos pontos de parada de BRT para usufruir do movimento intenso de usuários do transporte coletivo, potenciais clientes.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA: MODELOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS

O método de preços hedônicos trata o valor de um bem imóvel como um bem composto com vários valores determinantes relacionados as suas características. O desenvolvimento dos estudos hedônicos teve suas raízes nos estudos iniciais empíricos de Courte (1939) e na reformulação da teoria do consumidor realizada por Lancaster (1966).

No entanto, foi Rosen (1974), que, finalmente, formalizou a teoria de como os mercados de bens heterogêneos funcionam. Assim o modelo hedônico estabelece que a soma do valor atribuído a todas as características individuais compreende o valor da propriedade (em se tratando de bens imóveis) como um todo. Estudos sobre os preços dos imóveis em geral, dividem o valor determinando as características das propriedades em três categorias: física, ambiental e acessibilidade (Fujita, 1989; Bowes e Ihlanfeldt, 2001).

A metodologia de preços implícitos "hedônica", introduzida por Rosen (1974), levou a uma maneira mais fácil de se atribuir valor às características de propriedades. Rosen (1974) supõe que os consumidores adquirem uma única unidade de um produto com valor particular de características. A quantidade demandada por produtos com características pode ser expressa por $Q^D(z)$, sendo $Q^S(z)$ a respectiva quantidade ofertada. O equilíbrio de mercado necessita de uma função $p(z)$, tal que $Q^D(z) = Q^S(z)$, para todo vetor de características $z$. Mas, como se sabe, $Q^D(z)$ e $Q^S(z)$ dependem da função $p(z)$. Deste modo, tem-se:

Demanda:

$$p_i(z) = F^i(z_1, z_2, \dots, z_n, Y_1, W)$$

Oferta:

$$p_i(z) = G^i(z_1, z_2, \dots, z_n, Y_2, W)$$

Para $i = 1, 2, \dots, n$ e onde $p_i$ é o preço de cada unidade, $z_i$ representa o vetor de variáveis intrínsecas do modelo, $Y_1$ é o vetor de variáveis extrínsecas que afetam exclusivamente a demanda, $Y_2$ é o vetor de variáveis extrínsecas que afetam

exclusivamente a oferta e *W* representa o vetor de variáveis extrínsecas que afetam a demanda e a oferta. Posteriormente, observa-se a integração das características ambientais, físicas e de acessibilidade da propriedade em modelos que abordam as diferenças nos valores dos imóveis.

Acessibilidade, no entanto, continua a ser um elemento-chave para valores de propriedades urbanas. A introdução de um conceito mais amplo de acessibilidade, incluindo todos os recursos que contribuem para o potencial de interação econômica e social em um determinado local (Hansen, 1959; Martellato et al., 1998) podem ser introduzidos aos modelos, embora, a falta de dados e técnicas de medição adequadas geralmente implica que medidas simples são usadas com mais frequência. Assim, na literatura observa-se que a ênfase é dada apenas para um número limitado de fatores, especialmente a interação orientada a CBD, relacionadas ao emprego e compras.

Os tipos de modelos hedônicos foram sistematizados pela primeira vez por Paelinck e Klaassen (1979) e, posteriormente, tiveram contribuições relevantes como em Anselin (2010). Estes tipos de modelos receberam cada vez mais atenção no campo de estudos hedônicos aplicados ao estudo da relação entre transporte e preços de imóveis.

Armstrong e Rodríguez (2006) utilizaram um modelo autorregressivo espacial para examinar o aumento dos valores dos imóveis na sequência da abertura de um subúrbio ferroviário em quatro municípios do Leste do Estado de Massachusetts, EUA. Martínez e Viegas (2009) examinaram a relação entre a disponibilidade de infraestrutura de transportes e valores de propriedade em Lisboa, Portugal, a fim de estabelecer sistemas de captura de valor para introduzir um novo serviço de transporte público. Löchl e Axhausen (2010) compararam os tipos de modelos hedônicos (modelo clássico de regressão linear, MLR, modelo autorregressivo espacial no erro, SEM, e o modelo de Durbin espacial, SDM) com base em uma regressão geograficamente ponderada (GWR). Esta comparação foi feita para estabelecer a melhor especificação de uma regressão hedônica para ser utilizada no modelo de interação entre transporte e uso da terra. Os autores optaram pelo modelo SEM como o mais apropriado, devido ao modelo de SDM ter mostrado um grande número de coeficientes não significativos e, ainda, porque o GWR mostrou

uma forte correlação entre os parâmetros estimados, resultado também encontrado por Wheeler e Tiefelsdorf, (2005).

De acordo com Spiekermann e Neubauer (2002), a acessibilidade é o principal produto do transporte, sendo a medição da vantagem da localização de uma região sobre outras um determinante na formação do preço de um imóvel. Desta forma, o acesso pode ser entendido como um certo grau de benefícios do transporte a uma determinada área. Enquanto isso, como afirma Carruthers e Lawson (1995), a acessibilidade urbana é um aspecto relevante do bem-estar da população, e sua importância é cada vez maior com a urbanização da população, e por causa disso, os autores argumentam que as cidades devem ser planejadas de forma que todos os cidadãos devem ter um bom acesso a todas as partes das cidades. O modal de transporte deve ser visto como complementar ou concorrente, dependendo de cada caso, podendo também assumir significância a distinção entre transporte público coletivo e meios privados individuais.

Para Perez et al., 2003, os benefícios de novos investimentos em infraestrutura de transporte são capitalizados nos preços dos imóveis no curto prazo, enquanto sobre o uso da terra ocorre um ajuste, porém, no longo prazo. Enquanto os impactos de preços da terra podem ser instantâneos, o uso do solo tende a ser mais lento, em parte devido às defasagens institucionais (por exemplo, licenças de construção e alterações no zoneamento).

Como medida de vantagem locacional, a acessibilidade é um componente comum de modelos hedônicos para a avaliação de valor. No entanto, devido à falta de dados, algumas simplificações e aproximações de acessibilidade são usados, por exemplo, Herman e Haddad (2005) utilizaram o cálculo da distância euclidiana à Praça da Sé, considerado o *central business district* (CBD), que é o marco histórico de São Paulo e está localizado na região com a maior densidade de postos de trabalho na Região Metropolitana de São Paulo.

A análise do mercado imobiliário se consolida na chamada *urban economics* a partir do texto seminal de Alonso (1964). Discussão mais didática pode ser encontrada em DiPasquale e Wheaton (1996), e a dita síntese Alonso-Muth-Mills está bem descrita em Brueckner (1987).

De acordo com Brueckner (1987), a cidade estilizada apresenta um distrito central de negócios, CBD, para o qual os habitantes viajam para o trabalho. Os consumidores possuem a mesma renda (*y*) e preferências e pagam um custo de deslocamento (*t*) que varia em função da distância ao centro (*x*). A função de utilidade dos consumidores varia conforme a escolha da quantidade de um bem composto que é invariável espacialmente (*c*) e habitação que é qualificada por um atributo único: sua superfície (*q*). O preço do aluguel (*p*) varia de acordo com a localização. Como os consumidores são idênticos, a utilidade (*u*) na cidade é fixa e leva à determinação dos preços de aluguel.

Dessa forma, neste modelo a restrição orçamentária do residente é dada por: $c + pq = y - tx$. A partir desse modelo tem-se que:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{-t}{q} < 0$$

em que o preço é uma função decrescente da distância ao centro. O autor confirma que: “Consumidores que vivem longe do CBD precisam ser compensados de alguma maneira por suas longas e dispendiosas viagens para o trabalho, caso contrário, ninguém viveria voluntariamente tão distante (BRUECKNER, 1987, p. 824). Os principais resultados do modelo indicam que:

$$\frac{\partial p}{\partial y} > 0, e\ \frac{\partial q}{\partial y} < 0\ ;\ e\ \frac{\partial p}{\partial t} < 0, e\ \frac{\partial q}{\partial t} > 0$$

ou seja, o aumento da renda leva ao aumento nos preços dos imóveis e à redução na sua superfície, e o aumento nos custos de transportes tem efeito contrário: redução nos preços e aumento na superfície da habitação.

De acordo com Villaça (2011), a distribuição espacial do emprego e a infraestrutura de transportes são os pilares da segregação sócio econômico em São Paulo e outras cidades brasileiras; as pessoas com melhores condições financeiras vivem próximas dos postos de trabalho e tiram proveito da infraestrutura viária, enquanto que os mais pobres vivem na periferia, e são dependentes do transporte público. Então, durante o desenvolvimento de uma medida de acessibilidade, é

relevante capturar esses dois vetores (distribuição de postos de trabalho e infraestrutura de transporte).

Vários estudos têm se concentrado no impacto causado pelo BRT em preços do mercado imobiliário. Rodríguez e Mojica (2009) estudaram o impacto sobre valores de propriedade causado pela introdução de um sistema de BRT na cidade de Bogotá, Bolívia, e encontraram aumentos de preços entre 13% e 14%. A influência do mesmo sistema de BRT foi novamente examinada por Munoz-Raskin (2010), que descobriu que as propriedades mais próximas a paradas de ônibus tiveram um valor 4,5% menor do que o resto das propriedades em Bogotá. No entanto, eles também descobriram que as propriedades localizadas a menos de 5 minutos de caminhada, a partir das paradas, foram valorizadas em 8,7% a mais do que aquelas localizadas entre 5 e 10 min a pé, concluindo que as famílias estavam dispostas a pagar mais para estar localizadas próximas ao sistema BRT.

Cervero e Kang (2011), utilizam vários níveis de regressão hedônica para estimar a capitalização da introdução de um novo sistema de BRT em Seul, Coreia do Sul e os aumentos foram encontrados no valor das propriedades de até 10\% para os residentes a menos de 300 m de um ponto de parada na rede. Áreas próximas aos pontos de parada do BRT (clusters), comércio e uso misto da terra (zoneamento) também podem ter influência e serem mensurados em relação aos benefícios em termos de preços dos imóveis (Zhou e Kockelman, 2008).

Apesar da utilidade dos estudos hedônicos eles não estão isentos de problemas técnicos. Armstrong e Rodríguez (2006) apontam três deles: o problema da omissão de variáveis, o problema da escolha da forma funcional e o problema de autocorrelação espacial em observações amostrais. A omissão de variáveis teoricamente relevantes pode levar à viés nos parâmetros estimados (Gujarati e Porter, 2009) que foram também detectados por Debrezion et al. (2007) em um grande número de modelos em que é omitida a acessibilidade fornecida por outros modos de transporte em que é um exemplo claro disso.

Malpezzi (2008) recomenda a utilização da forma de log-linear, porque permite estimar os parâmetros a serem interpretados como semi-elasticidades e tem a capacidade de reduzir os problemas derivados de heterocedasticidade. Finalmente,

o problema da correlação espacial na amostra pode levar à estimativa de parâmetros que são ineficientes ou mesmo tendenciosos, exigindo o uso de modelos econométricos espaciais (LeSage e Pace, 2009).

Nesse trabalho a análise sobre o impacto do sistema de transporte BRT levará em consideração, todos os pontos de BRT distribuídos nos principais eixos de integração da cidade de Curitiba, inclusive o novo eixo da Linha Verde (pontos já em operação) e os imóveis localizados nas faixas de distâncias determinadas segundo a especificação em Cervero e Kang (2011), que são diretamente afetados pelo seu traçado e os pontos de parada da rede BRT. Será verificada a variação dos valores dos terrenos vagos e com edificações precárias (passíveis de conversão), bem como o valor dos imóveis construídos (unidades habitacionais verticalizadas - apartamentos) ao longo dos eixos e seu entorno. Serão também detalhadas a estrutura de zoneamento e espécies permitidas de ocupação e exploração dos imóveis e seu padrão de construção.

A configuração do modelo de preços hedônicos, de acordo com as variáveis a serem apresentadas na próxima seção, determina a estratégia empírica e as hipóteses para a escolha do modelo adequado para revelar o impacto no mercado imobiliário de Curitiba da rede de transporte pública baseada no sistema BRT.

# 4 –DADOS E MÉTODOS

## 4.1 Dados

Os dados foram coletados, através de pesquisa do mercado imobiliário de Curitiba, para terrenos vagos e com construção precária e para apartamentos. Compreendem o período de 2005 a 2014 e fazem parte do banco de dados do Departamento de Rendas Imobiliárias, ligado à Secretaria Municipal de Finanças da Prefeitura Municipal de Curitiba, e utilizada para fins tributários, sendo disponibilizada para esse trabalho acadêmico.

Essa base de dados foi alimentada com os imóveis pesquisados através de anúncios em todos os meios disponíveis (jornais, publicidade direta, revistas, sites na internet) ao longo desse período e cadastrados no sistema informatizado de coleta de dados. A função desse banco de dados é fornecer subsídios para a atualização periódica dos valores constantes da "*planta genérica*" de todos os imóveis da cidade para fins de tributação de operações imobiliárias (ITBI e IPTU).

Para este trabalho foram utilizados os dados referentes aos terrenos vagos ou em condição de conversão em vagos devido ao tipo de construção (valor considerado baixo e passível de demolição) e apartamentos já edificados.

O primeiro passo foi formar dois bancos de dados específicos (um para terrenos e outro para apartamentos) e construir os mapas georreferenciados. Assim, cada ponto pesquisado pode ser localizado no espaço e também no tempo.

O IPPUC possui um acervo de mapas de Curitiba em que estão descritos e georrefenciados os pontos de BRT, o marco zero da cidade (CBD) e as delimitações de bairros e do entorno da cidade. Utilizando os recursos de software do tipo GIS, foi possível sobrepor as camadas de mapas e associar os valores de cada ponto pesquisado com as distâncias aos pontos de BRT e o CBD.

As características individuais dos imóveis quanto ao zoneamento, área, padrão de construção[6], idade, e data da coleta são então mescladas às informações de localização e distâncias. O valor considerado para os imóveis foi tomado como sendo o logaritmo do seu valor por metro quadrado constante, a preços de dezembro de 2014 (deflacionados pelo IPCA) e segue Malpezzi (2008), que recomenda a utilização da forma de log-linear. Houve também a adição de variáveis de controle (*dummies* de tempo) com a finalidade de absorver os efeitos de valorização temporal do mercado imobiliário. Seguindo esta especificação, também foi empregada a forma logarítmica para a distância ao CBD, área e idade.

A seguir a modelagem segue para a definição das variáveis *dummy*. Há o emprego de quatro grupos distintos de variáveis do tipo *dummy* para as seguintes características: padrão de construção, zoneamento, tempo e intervalo de distância aos pontos de BRT.

Como podemos admitir, um terreno pode ser considerado como um bem de características únicas, principalmente em função do seu tamanho, potencial construtivo (determinado pelo zoneamento a que está sujeito) e sua localização. Um apartamento, embora também seja um imóvel com características singulares, pode ser considerado assemelhado quando tem a mesma área, no mesmo prédio (localização), e em condições de preservação e idade idêntica.

O período abordado (2005-2014) está relacionado à disponibilidade dos dados no sistema de captura, e por sua relevância em face do comportamento do mercado imobiliário, principalmente no período entre 2010 e 2013, quando fica evidente o forte movimento, tanto especulativo, em torno dos preços de terrenos, como de aumento do número de empreendimentos (lançamentos de novos condomínios verticais de apartamentos) no setor de construção civil.

Para a obtenção do georeferenciamento dos pontos de pesquisa coletados foi utilizada a Indicação Fiscal dos imóveis, que possibilita a referência entre endereço e posição nos mapas fornecidos pelo Instituto de Pesquisa e Urbanismo de Curitiba -

[6] São utilizados no trabalho três tipos de padrão de construção: alto (alvenaria fina definida para apartamentos ou residências em que os materiais envolvidos no acabamento indiquem refinamento e alto custo), médio (alvenaria com revestimento e acabamento regular) e baixo (alvenaria sem acabamento ou revestimento interno ou externo). Padrões definidos pelo setor de avaliação da prefeitura de Curitiba.

IPPUC. O IPPUC também forneceu as distâncias dos imóveis da amostra até os pontos de BRT e da Linha Verde, bem como a distância para cada ponto pesquisado em relação ao "Marco Zero" da cidade, o qual foi considerado como o ponto onde colapsa o CBD de Curitiba (proximidades da Catedral Metropolitana de Curitiba).

A Figura 5, apresenta o mapa da cidade de Curitiba com seus bairros e a plotagem dos pontos pesquisados dos preços de terrenos vagos e com construções precárias no período de 2005 a 2015.

Cabe destacar que os pontos referentes aos imóveis podem se repetir no tempo, ou seja, o mesmo imóvel pode ter sido pesquisado, ao longo do período de dez anos, e lançado na amostra mais de uma vez. Como os dados estão empilhados, segue que há a repetição de pontos no espaço em diferentes pontos no tempo.

Estão plotados os pontos pesquisados, em destaque os pontos de parada de BRT das linhas expressas e os pontos de BRT da Linha Verde. A estrela, ao centro, representa o marco zero (proximidades da Catedral Metropolitana de Curitiba - Praça Tiradentes). Como pode ser observado, há um certo padrão de dispersão dos pontos pesquisados de terrenos no entorno e nas proximidades dos eixos de transporte. Quando são tomados os preços desses terrenos, este trabalho confirma, através dos modelos propostos, que o valor dos terrenos é influenciado pela distância ao CBD e aos pontos de BRT, sendo o atributo de localização e a infraestrutura de transporte (mobilidade urbana) determinantes e significativos na formação desses preços.

Para os imóveis edificados sob a forma de prédios de apartamentos é notável a concentração dos pontos pesquisados seguindo a infraestrutura dos eixos viários de transporte coletivo e vias marginais (vias rápidas), bem como a aglomeração ao redor do CBD (marco zero) representados no mapa, Figura 6.

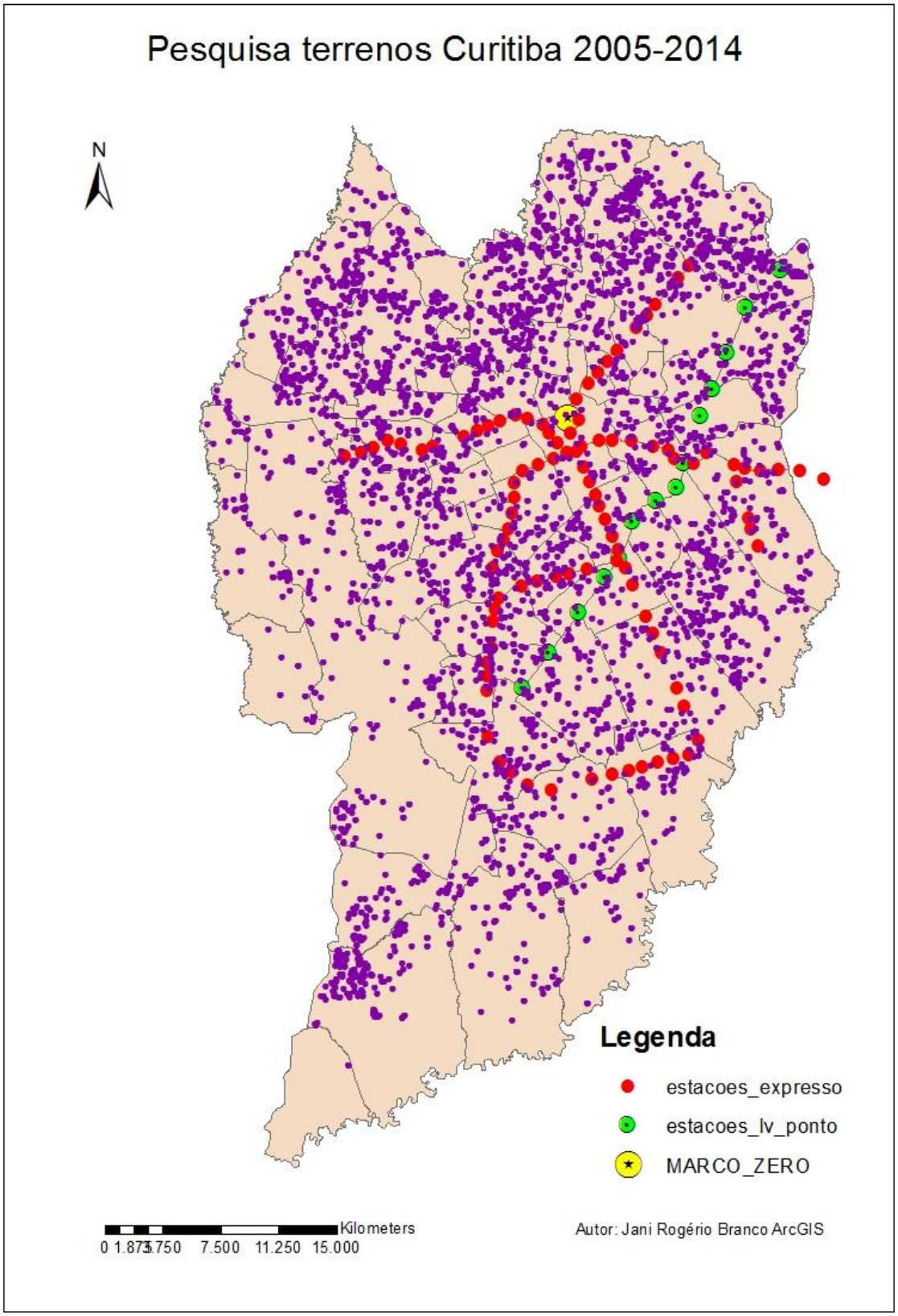



Figura 5 - Mapa De Curitiba - Pesquisa Imobiliária De Terrenos
Fonte: Elaboração do autor

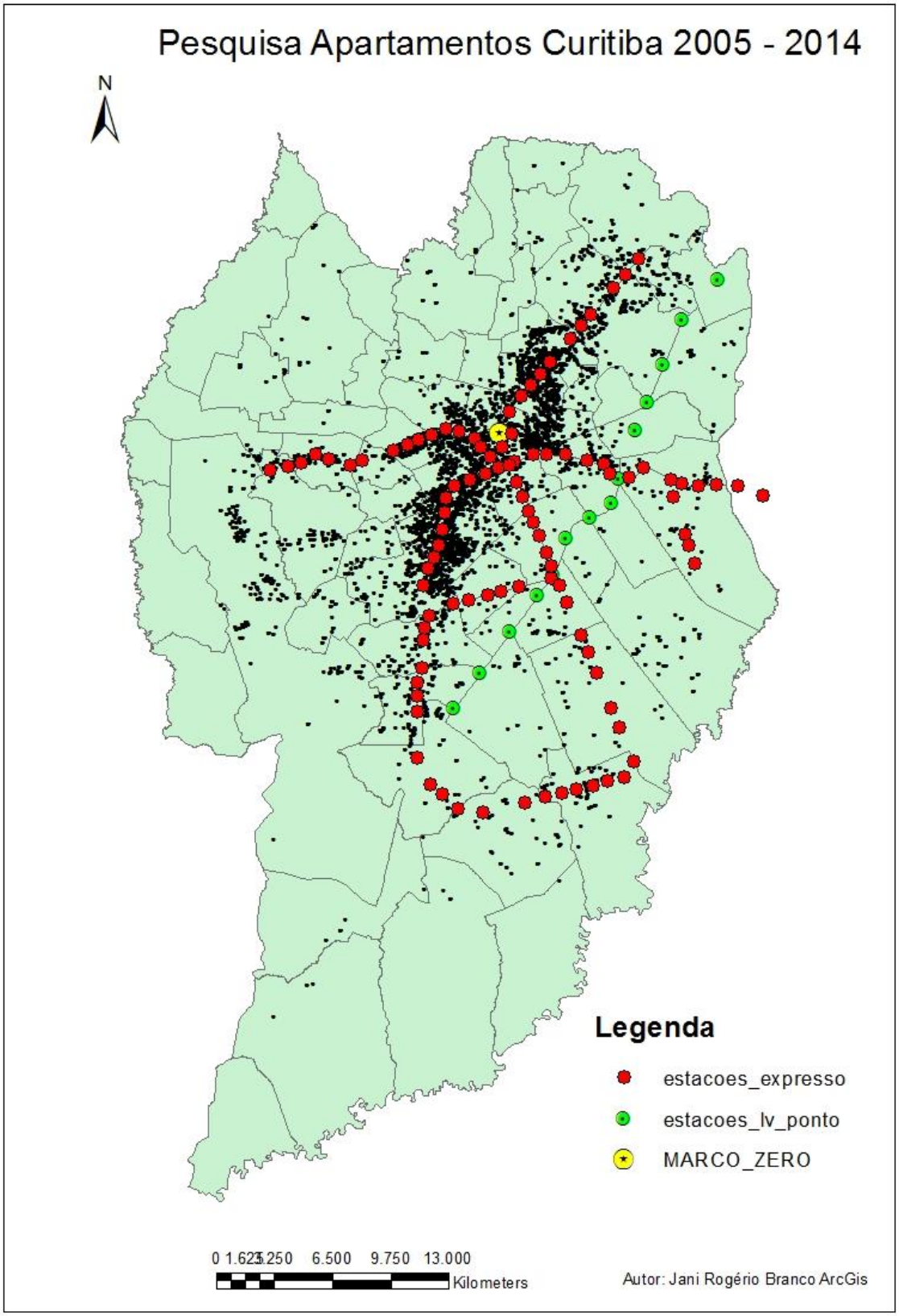



Figura 6 - Mapa De Curitiba - Pesquisa Imobiliária Apartamentos
Fonte: Elaboração do autor

Outro ponto importante está relacionado à idade média dos imóveis mais próximos aos eixos de BRT e do centro da cidade (entre 17 e 21 anos) que demonstra já haver uma cristalização dessa conformação urbana e, apesar de ainda haver uma demanda forte no mercado por imóveis nessas regiões, os lançamentos, devido à escassez de terrenos disponíveis, tem procurado regiões que acompanham o eixo BRT, mas com distâncias maiores.

A especificação do modelo, tanto para terrenos como para apartamentos tem como variável dependente o logaritmo do valor dos imóveis a preço constante (deflacionados pelo IPCA base dezembro/2014) em que, para controlar a flutuação do mercado no tempo, também foi utilizada uma variável do tipo *dummy* para cada ano.

A seguir temos a lista com a relação de variáveis para terrenos e apartamentos:

1. Variáveis para o modelo de preços hedônicos de terrenos
   1.1. Variável dependente:

*LN_VCTE_M2*: logaritmo do valor constante à dez/2014 do metro quadrado do terreno

   1.2. Variáveis independentes:

*LNAREA*: logaritmo da area do terreno pesquisado

*LNDISTCBD*: logaritmo da distância em relação ao *Central Business District* (Marco Zero de Curitiba)

*DT_2005*: dummy para o ano 2005

*DT_2006*: dummy para o ano 2006

*DT_2007*: dummy para o ano 2007

*DT_2008*: dummy para o ano 2008

*DT_2009*: dummy para o ano 2009

*DT_2010*: dummy para o ano 2010

*DT_2011*: dummy para o ano 2011

*DT_2012*: dummy para o ano 2012

*DT_2013*: dummy para o ano 2013

*DT_2014*: dummy para o ano 2014

*DZ_ZR1*: dummy para o zoneamento ZR1

*DZ_ZR2* : dummy para o zoneamento ZR2

*DZ_ZR3* : dummy para o zoneamento ZR3

*DZ_ZR4* : dummy para o zoneamento ZR4

*DZ_SE*: dummy para o zoneamento do setor estrutural

*DBRT100*: dummy para o intervalo de distância de 100 metros do ponto de BRT

*DBRT200*: dummy para o intervalo de distância de 200 metros do ponto de BRT

*DBRT300*: dummy para o intervalo de distância de 300 metros do ponto de BRT

*DBRT400*: dummy para o intervalo de distância de 400 metros do ponto de BRT

*DBRT500* : dummy para o intervalo de distância de 500 metros do ponto de BRT

*DBRT600*: dummy para distância o intervalo de de 600 metros do ponto de BRT

*DBRT700*: dummy para distância o intervalo de de 700 metros do ponto de BRT

*DBRT800*: dummy para distância o intervalo de de 800 metros do ponto de BRT

*DBRT900*: dummy para distância o intervalo de de 900 metros do ponto de BRT

*DBRT1000*: dummy para distância o intervalo de de 1000 metros do ponto de BRT

2. Variáveis para o modelo de preços hedônicos de apartamentos

2.1. Variável dependente:

*LN_VCTE_M2*: logaritmo do valor constante à dez/2014 do metro quadrado de apartamentos

2.2. Variáveis independentes:

*LNAREA*: logaritmo da area do apartamento pesquisado

*LNIDADE*: logaritmo da idade do apartamento pesquisado

*LNDISTCBD*: logaritmo da distância em relação ao *Central Business District* (Marco Zero de Curitiba)

*DP_ALTO*: dummy para o padrão de construção alto

*DP_MEDIO*: dummy para o padrão de construção médio

*DP_BAIXO*: dummy para o padrão de construção baixo

*DT_2005*: dummy para o ano 2005

*DT_2006*: dummy para o ano 2006

*DT_2007*: dummy para o ano 2007

*DT_2008*: dummy para o ano 2008

*DT_2009*: dummy para o ano 2009

*DT_2010*: dummy para o ano 2010

*DT_2011*: dummy para o ano 2011

*DT_2012*: dummy para o ano 2012

*DT_2013*: dummy para o ano 2013

*DT_2014*: dummy para o ano 2014

*DZ_ZR1*: dummy para o zoneamento ZR1

*DZ_ZR2* : dummy para o zoneamento ZR2

*DZ_ZR3* : dummy para o zoneamento ZR3

*DZ_ZR4* : dummy para o zoneamento ZR4

*DZ_SE*: dummy para o zoneamento do setor estrutural

*DBRT100*: dummy para o intervalo de distância de 100 metros do ponto de BRT

*DBRT200*: dummy para o intervalo de distância de 200 metros do ponto de BRT

*DBRT300*: dummy para o intervalo de distância de 300 metros do ponto de BRT

*DBRT400*: dummy para o intervalo de distância de 400 metros do ponto de BRT

*DBRT500* :dummy para o intervalo de distância de 500 metros do ponto de BRT

*DBRT600*: dummy para distância o intervalo de de 600 metros do ponto de BRT

*DBRT700*: dummy para distância o intervalo de de 700 metros do ponto de BRT

*DBRT800*: dummy para distância o intervalo de de 800 metros do ponto de BRT

*DBRT900*: dummy para distância o intervalo de de 900 metros do ponto de BRT

*DBRT1000*: dummy para distância o intervalo de de 1000 metros do ponto de BRT

A apresentação da estatística descritiva das variáveis encontra-se nas tabelas 1 e 2, para terrenos e apartamentos respectivamente e na sequência são destacadas algumas particularidades genéricas referentes aos dados.

TABELA 1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS PARA TERRENOS PERÍODO 2005-2014

| VARIÁVEIS | MÉDIA | MEDIANA | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---|---|---|---|---|
| *LN_VCTEm2* | *6,1191* | *6,2488* | *2,0719* | *9,4504* |
| *LNAREA* | *6,7932* | *6,3969* | *3,9512* | *12,1187* |
| *LNDISCBD* | *8,8098* | *8,8517* | *4,9516* | *9,9842* |
| *DT2005* | *0,0766* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2006* | *0,0451* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2007* | *0,0806* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2008* | *0,0935* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2009* | *0,0896* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2010* | *0,0815* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2011* | *0,1416* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2012* | *0,1399* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2013* | *0,1191* | *0* | *0* | *1* |
| *DT2014* | *0,0832* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZR1* | *0,0526* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZR2* | *0,3183* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZR3* | *0,1138* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZR4* | *0,0706* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZC* | *0,0018* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZT* | *0,0219* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_ZT* | *0,0168* | *0* | *0* | *1* |
| *DZ_CONEC* | *0,0104* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT100* | *0,0094* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT200* | *0,0230* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT300* | *0,0420* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT400* | *0,0320* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT500* | *0,0331* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT600* | *0,0245* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT700* | *0,0216* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT800* | *0,0323* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT900* | *0,0314* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT1000* | *0,0314* | *0* | *0* | *1* |

Fonte: Elaboração própria

O total de elementos coletados para a amostra de terrenos é de 6.423, de um total de aproximadamente 47.000 imóveis, representando cerca de 13,67% desse tipo de imóvel em Curitiba, sendo que desse total, somente cerca de 5% em média são anunciados a cada ano. A média de terrenos pesquisados por ano foi de 611 ao ano no período de 2005 a 2014, sendo que os anos 2011 a 2013 possuem mais elementos (910, 899 e 765) respectivamente. Quanto aos tipos de zoneamento foram coletados 338 do tipo ZR1, 2045 do tipo ZR2, 731 elementos ZR3 e 454 para ZR4. A média da área dos terrenos pesquisados foi de 892 m².

TABELA 2 ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS PARA APARTAMENTOS PARA O PERÍODO 2005-2014

| VARIÁVEIS | MÉDIA | MEDIANA | MÍNIMO | MÁXIMO |
|---|---|---|---|---|
| *LNVCTE_M2* | *7,9019* | *7,9357* | *6,6896* | *9,7832* |
| *LNAREA* | *4,8497* | *4,8088* | *3,0828* | *7,0182* |
| *LNIDADE* | *2,7093* | *2,9957* | *0* | *7,6088* |
| *LNDISTCBD* | *8,1018* | *8,1463* | *4,9897* | *9,8716* |
| *DP_ALTO* | *0,1842* | *0* | *0* | *1* |
| *DP_MEDIO* | *0,7709* | *1* | *0* | *1* |
| *DP_BAIXO* | *0,0448* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2005* | *0,0526* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2006* | *0,0217* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2007* | *0,0692* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2008* | *0,0844* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2009* | *0,0786* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2010* | *0,0495* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2011* | *0,1997* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2012* | *0,2006* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2013* | *0,1494* | *0* | *0* | *1* |
| *DT_2014* | *0,0938* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZR1* | *0,0039* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZR2* | *0,0681* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZR3* | *0,0895* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZR4* | *0,3576* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZC* | *0,0562* | *0* | *0* | *1* |
| *D_SE* | *0,3572* | *0* | *0* | *1* |
| *D_ZT* | *0,0221* | *0* | *0* | *1* |
| *D_CONE* | *0,0292* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT100* | *0,0433* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT200* | *0,1657* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT300* | *0,1653* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT400* | *0,1341* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT500* | *0,0765* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT600* | *0,0602* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT700* | *0,0669* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT800* | *0,0443* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT900* | *0,0398* | *0* | *0* | *1* |
| *DBRT1000* | *0,0273* | *0* | *0* | *1* |

Fonte: Elaboração própria

O total de elementos coletados para a amostra de apartamentos é de 14.924, de um total de 368.017 unidades, representando aproximadamente 4,05% desse tipo de imóvel para a cidade de Curitiba, sendo que são anunciados em média 5% do total de apartamentos existentes na cidade. A média de unidades pesquisadas por ano foi de 1.492, sendo que, igualmente aos terrenos, os períodos com maior número de elementos foram de 2011 a 2013 com (2.981, 2.995 e 2.231) respectivamente.

Quanto aos tipos de zoneamento foram coletados 59 do tipo ZR1, 1.017 do tipo ZR2, 1.337 elementos ZR3, 5.337 para ZR4 e 5.332 de imóveis situados no zoneamento estrutural. A ocorrência de edifícios de apartamentos em geral é característica de zoneamento ZR4 e SE, o que justifica o maior número de elementos.

As variáveis referentes ao padrão de construção apresentaram a seguinte distribuição: alto padrão com 2.749, médio 11.505 e baixo 669. A área média dos apartamentos pesquisados foi de 127,70m². O valor médio constante a preços de dezembro de 2014 por metro quadrado foi de R$ 2.868,73. A média de idade das unidades pesquisadas foi de 27,80 anos, tratando-se assim de uma conformação urbana consolidada.

## 4.2 Análise exploratória de dados espaciais

A dependência espacial é uma característica inerente à dados relacionados no espaço. Há a tendência de que o valor de uma variável associada a uma determinada localização tenha uma relação de similaridade com seus vizinhos maior do que com o restante do conjunto amostral.

A análise exploratória de dados espaciais, AEDE, trata de mensurar a associação de dados no espaço, quantificando e identificando os padrões de variação sistemática do fenômeno por localização, Anselin (1992).

O índice de Moran ($I$) é a medida estatística mais utilizada e mede a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média. É uma medida global da autocorrelação espacial e indica o grau de associação espacial entre o conjunto de dados. A hipótese testada pelo índice $I$ - *Moran* é a hipótese nula de independência espacial, ou seja, nesse caso seu valor seria zero. Valores positivos entre zero e um indicam uma correlação direta e negativos entre zero e menos um, uma correlação inversa. A sua validade estatística e significância são obtidos através de um teste de pseudo-significância com o uso de permutações (999 permutações randômicas).

Para testar e verificar essa correlação foi aplicado o índice $I$ - *Moran*, que é definido como:

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j \ w_{ij} \ (X_i - \bar{X}) \left(X_j - \bar{X}\right)}{\sum_i \ (X_i - \bar{X})^2}$$

Onde, $N$ é o número de unidades espaciais indexadas por "$i$" e "$j$" e $X$ é a variável de interesse; e $\bar{X}$ é a média para $X$ e $w_{ij}$ é um elemento da matriz espacial de ponderação.

O valor esperado para o índice sob a hipótese nula para ausência de correlação espacial é:

$$E(I) \ = \frac{-1}{N-1}$$

Valores negativos indicam uma correlação espacial negativa e inversamente se positiva. Valores iguais a "$-\ 1$" indicam dispersão perfeita e iguais a "$+\ 1$" correlação perfeita.

Para o teste estatístico de hipótese o $I$ - *Moran* pode ser transformado em "$Z$" escores, sendo que o intervalo entre *"-1,96 e +1,96"* indica autocorrelação espacial ao nível de significância de *5%*.

O diagrama de dispersão de Moran (*Moran Scatterplot Map*) é uma ferramenta adicional que possibilita a visualização da dependência espacial. Construído a partir dos valores normalizados do índice de Moran permite analisar o comportamento da variação espacial. É um gráfico de dispersão da nuvem de pontos representado em quatro regiões e fornece o ângulo de inclinação e grau de dispersão para a variável escolhida. Para obter o coeficiente angular dessa reta é estimada uma regressão linear simples por mínimos quadrado ordinários tal que:

$$W_z \ = \ \alpha + \ \beta_z + \ \varepsilon \, ,$$

Em que α é a constante da regressão, β é o coeficiente angular da reta de regressão e ε é um termo de erro aleatório. Assim temos que o índice $I$ - *Moran* pode

ser interpretado como a inclinação da reta de regressão da defasagem espacial $W_z$ contra a variável de interesse $z$ e representado por:

$$\hat{\beta} = I = \frac{z'Wz}{z'z}$$

Além da medida global de associação linear espacial o gráfico bidimensional fornece o padrão de associação para cada um dos quatro quadrantes, classificando a relação entre os conjuntos de vizinhança (Alto/Alto, Alto/Baixo, Baixo/Alto, Baixo/Baixo).

Enquanto os indicadores globais, como o índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, os indicadores locais, LISA, produzem um valor específico para cada objeto, permitindo assim, a identificação de agrupamentos de objetos com valores de atributos semelhantes (*clusters*), objetos anômalos (*outliers*) e de mais de um regime espacial.

A análise da estatística espacial local quantifica o grau de associação espacial a que cada localização do conjunto amostral está submetida em função da determinação de um modelo prévio de vizinhança. Anselin (1995) indica que há uma proporcionalidade direta entre os valores de autocorrelação global e os valores de autocorrelação locais obtidos (LISA – Indicadores locais de associação espacial), o que permite a decomposição dos índices globais em contribuições individuais. O índice local de Moran é calculado a partir do produto dos desvios em relação à média como uma medida de covariância, assim valores significativamente altos indicam altas probabilidades de associação espacial de regiões com altos valores associados, bem como com baixos valores associados.

Segundo Anselin (1992), um indicador LISA tem que atender à dois objetivos: primeiramente, permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos; e então ser uma decomposição do índice global de associação espacial.

O LISA utiliza o índice local de Moran. Uma das formas de representação deste índice, em função dos elementos básicos, é:

$$I_i = \frac{z_i \, \mathrm{Wz_i}}{\sigma^2}$$

Onde: $I_i$ é o índice local para o objeto $i$; $z_i$ o valor do desvio do objeto $i$, $\mathrm{Wz_i}$ representa o valor médio dos desvios dos objetos vizinhos de $i$ e $\sigma^2$ a variância da distribuição dos valores dos desvios. Quando apresentada desta forma, o valor do índice global de Moran, é a média aritmética dos índices locais.

A aplicação mais direta do LISA é determinar a extensão da área de influência de determinada variável dentro de um conjunto de localizações de padrões espaciais locais onde há a tendência de encontrar valores similares para esses elementos da amostra. Assim, é capaz detectar agrupamentos significativos de valores próximos em torno de cada localização por característica. A identificação de padrões de persistência e transição das características associadas às variáveis georreferenciadas revela uma possível topologia urbana relacionada às localizações dos elementos e suas articulações espaço-funcionais.

As técnicas de análise exploratória aplicadas a dados espaciais são essenciais ao desenvolvimento das etapas da modelagem estatística espacial, em geral sensíveis ao tipo de distribuição, à presença de valores extremos e à imbricação espacial.

## 4.3 Modelos Econométricos Em Corte Transversal

Na presença de dependência espacial, quando observações de determinado local $i$ dependem de outras observações situadas em outros locais com $j \neq i$, utilizou-se, conforme ANSELIN (1988), duas formas possíveis de avaliar a presença de dependência espacial: através de um modelo que adiciona ao modelo tradicional , como regressor, a variável dependente espacialmente defasada (spatial lag-SAR) e através de um modelo de autocorrelação nos resíduos (spatial error-SEM).

Então tem-se que (SAR):

$$y = \rho W_1 y + X\beta + \varepsilon$$

Assim definimos que $W$ é uma matriz espacial de pesos; $W_1 y$ é a componente autorregressiva espacial que capta os valores médios das observações

vizinhas (variável dependente defasada espacialmente); ρ é o coeficiente auto-regressivo espacial que capta a influência média da unidade vizinha; e $\varepsilon$ é o erro. A matriz de pesos, portanto, quantifica a força da relação entre as variáveis em diferentes locais.

Já o modelo (SEM), de dependência espacial dos erros ou "*spatial error model",* irá tratar quando o termo do erro em cada local está correlacionado com os valores do erro de outros locais, localizados numa vizinhança próxima. A solução é incorporar a dependência espacial através de um termo de erro autorregressivo dos modelos hedônicos, assim tem-se que:

$$y = X\beta + \varepsilon$$

onde:

$$\varepsilon = \lambda W_2 \varepsilon + \mu$$

Desse modo temos que, $W_2\varepsilon$ é o termo de defasagem espacial do erro arbitrariamente escolhido; $\lambda$ são os coeficientes autorregressivos estimados; e $\mu$ é um vetor do erro. A matriz de pesos é determinante no estudo dos efeitos espaciais e é baseada na vizinhança espacial (rook e queen, K-vizinhos, distância euclidiana) ou em distâncias métricas (distance decay). Estas matrizes têm em cada célula da diagonal principal valores iguais a zero e cada célula $Wij$ igual a zero se $i$ não for vizinho de $j$ ; de outra forma assumem o valor 1.

Para a escolha da matriz de vizinhança alguns autores propõem abordagens que ajudam na escolha da matriz de contiguidade. Baumont (2004) propõem que a matriz de vizinhança seja construída por meio do método dos k vizinhos mais próximos, a qual é definida da seguinte forma:

$$\begin{cases} w_{ij}\ (k) = 0, se\ i = k, \forall k \\ w_{ij}\ (k) = 1, se\ dij \leq di\ (k), \\ w_{ij}\ (k) = 0, se\ dij > di\ (k) \end{cases}$$

Onde $w_{ij}(k)$ é um elemento da matriz normalizada, $dij$ é uma distância de corte definida para cada unidade $i$, ou seja, $dij$ é a menor distância entre a região $i$ e todas as outras unidades de modo que cada unidade $i$ tem exatamente $(k)$ vizinhos.

Para escolher o número de vizinhos mais próximos, Baumont (2004) sugere o procedimento de se estimar o modelo de interesse e testar a presença de autocorrelação espacial através do *I - Moran* para diversas matrizes contendo *k* vizinhos mais próximos, definindo essas matrizes de acordo com a análise do histograma dos dados. Então escolhe-se a matriz de vizinhança que produza o maior valor do índice *I - Moran*.

Outras abordagens podem ser utilizadas para a escolha da matriz $w_{ij}$, como por exemplo, escolher a matriz de contiguidade que produza a maior log-verossimilhança ou menor critério de informação como o AIC de Akaike ou o BIC de Schwarz.

O procedimento recomendado por Almeida (2012 p.98) foi utilizado para evitar uma escolha arbitrária de uma matriz de ponderação espacial, seguindo basicamente o escopo proposto por Baumont (2004). A ideia é capturar o máximo da dependência espacial e realizar os testes de diagnóstico seguindo os seguintes passos:

1. Estimar o modelo de regressão clássica linear;
2. Testar os resíduos desse modelo para a autocorrelação espacial através do *I - Moran* para cada matriz $W$;
3. Selecionar a matriz de ponderação espacial que apresente o maior valor no teste com o *I - Moran*, desde que significativo estatisticamente.

A forma de escolha dos modelos definida no trabalho foi pela utilização dos critérios de informação de Akaike (AIC) e de Schwartz (SC). Em termos gerais, estes critérios de informação assumem a forma:

$$IC = -2L + f(k,n),$$

onde:

$L$ é a máxima log verossimilhança e $f(k,n)$ é uma função do número de variáveis independentes $(k)$ e do número de observações $(n)$; $f(k,n) = 2k$ para o Critério de Informação de Akaike (AIC) e f(k,n) = k.ln(n) para o Critério de Informação Schwartz (SC).

O princípio que está por trás do critério de informação é que a falta de ajuste é penalizada em função dos graus de liberdade. Na escolha de modelos alternativos, o melhor será aquele com menores valores encontrados para AIC e SC. Uma discussão mais detalhada desses critérios de informação pode ser encontrada em Akaike (1981) e Anselin (1988a).

## 4.4 Estrutura do modelo de preços hedônicos para terrenos e apartamentos

No presente estudo, a análise dos efeitos nos preços dos imóveis não edificados e edificados em condomínio vertical pelo sistema de transporte BRT segue a metodologia especificada de acordo com a teoria de preços hedônicos (Rosen, 1974) através da técnica de regressões múltiplas.

O sistema BRT inclui: vias expressas, um par de autopistas e um canteiro central exclusivo para ônibus, revitalização das áreas próximas aos pontos de parada, paisagismo, iluminação, sistemas de passagem elevadas e trincheiras, bem como a alteração do uso do solo e zoneamento.

A estrutura do modelo de preços hedônicos para o estudo dos terrenos vagos, ou com edificações precárias (fácil conversão) utilizou como variável dependente o logaritmo natural do valor constante dos terrenos por metro quadrado ($LN_VCTE_m^2$) e como variáveis explicativas a área dos terrenos ($LN_AREA$), *dummies* de zoneamento ($DZ_$) , *dummies* de tempo ($DT_$) e as *dummies* de intervalo de distâncias dos terrenos até os pontos de BRT ($DBRT$) e o logaritmo da distância dos imóveis coletados até o ponto central da cidade ($LN_DISTCBD$) e $Wp$ (matriz de vizinhança)[7] é o componente de autocorrelação espacial do modelo. A escolha da

[7] A matriz utilizada para análise dos modelos de terrenos e apartamentos foi a do tipo *queen-1.* As matrizes do tipo k vizinhos, em virtude da extensão dos dados, apresentaram problemas

variável $LN_DISTCBD$ segue Herman e Haddad (2005) em que o objetivo é captar o efeito de decaimento nos preços utilizando o "*Marco Zero"* como referência para o CBD. A definição das variáveis que compõem o modelo são apresentadas no subcapitulo 4.1.

Para o conjunto de dados de apartamentos, a estrutura do modelo de preços hedônicos para o estudo da influência do sistema BRT é similar à adotada para terrenos. Utilizou como variável dependente o logaritmo natural do valor constante dos apartamentos por metro quadrado ($LN_VCTE_m^2$) e como variáveis explicativas: o logaritmo da área ($LN_AREA$) e da idade ($LN_IDADE$) dos apartamentos (idade calculada em relação ao ano da coleta dos dados) ; as *dummies* referentes ao padrão de construção ($DP_$) que farazem a diferenciação da característica individual da construção de cada apartamento (padrão alto, médio e baixo); *dummies* de zoneamento ($DZ_$) em que são caracterizadas para a regressão as zonas residenciais (ZR1, ZR2, ZR3 e ZR4), *dummies* de tempo ($DT_$) período de 2005 a 2014; e as *dummies* de intervalo de distâncias dos terrenos até os pontos de BRT ($DBRT$) , intervalo de 100 até 1000 metros de distância; e o logaritmo da distância dos imóveis coletados até o ponto central da cidade ($LN_DCBD$) e $Wp$ é o componente de auto-correlação espacial do modelo.

Os modelos propostos em log-linear retratam em seus coeficientes a elasticidade entre a variável dependente e as variáveis explicativas em logaritmo ($LNAREA,\ LNIDADE,\ LNDISTCBD,$), e a semielasticidade entre a variável dependente e as variáveis explicativas do tipo *dummy* ($DP, DZ, DT, DBRT$). No caso das semielasticidades, o coeficiente expressa o efeito percentual da variável sobre o preço do terreno ou do apartamento.

Os dados pesquisados foram obtidos através do departamento de avaliação imobiliária da Prefeitura Municipal de Curitiba e compreendem a pesquisa imobiliária do período de janeiro de 2005 a dezembro de 2014 para terrenos vagos ou com edificações precárias e apartamentos em condomínio vertical. Como forma de controlar a variação temporal de preços em decorrência da volatilidade e especulação

computacionais, gerando matrizes assimétricas. Essas matrizes impossibilitaram rodar as regressões para SAR e SEM com K-vizinhos.

do mercado imobiliário, foi adotada a utilização de “*dummies”* de tempo, sendo que a modelagem dos dados para a verificação do impacto da rede de BRT segue o disposto em Cervero, Kang (2011), que analisaram o impacto da implantação do BRT no uso da terra e no valor dos imóveis para Seoul, Korea do Sul.

A motivação do estudo advém do fato, principalmente, de ter sido Curitiba a pioneira nesse tipo de sistema, denominado inicialmente de sistema de ônibus *"Expresso"*, iniciado em 1974. O sistema inovador seguia a premissa do planejamento feito a partir do tripé: Uso do Solo, Sistema Viário e Transporte Coletivo. Nesse contexto, o ônibus foi um indutor de crescimento com a liberação de alvarás para os prédios mais altos da cidade justamente ao longo dos eixos.

Podemos facilmente perceber esses efeitos, atualmente, ao analisarmos a concentração demográfica produzida desde a década de oitenta até os dias de hoje ao longo dos corredores onde estão situadas as *"canaletas expressas*".

Dada sua importância, as variáveis de zoneamento são mensuradas como características específicas de potencial de construção dos imóveis (terrenos e apartamentos) e utilizadas no modelo como variáveis *dummies*.

Com a incorporação de uma *dummy*, é utilizado uma coluna com código binário para cada tipo de característica que se quer mensurar. Por exemplo, se ocorre o zoneamento no imóvel descrito pela linha da tabela, a célula correspondente da variável (coluna) será igual a "1", se não ocorre "0". Assim temos um conjunto de variáveis relacionadas aos tipos de zoneamento que ocorrem nas proximidades dos sistemas BRT.

O comportamento esperado é que o zoneamento com maior potencial construtivo participe com maior peso na regressão e seja significante, pois, em última análise, o zoneamento determina o potencial construtivo de um terreno vago e essa taxa de aproveitamento em termos de verticalização tem impacto direto sobre o preço básico de um terreno e de um imóvel edificado.

A amostra pesquisada para o período de 2005-2014 possui seis mil e quatrocentas e trinta e três (6.423) observações de terrenos e quatorze mil novecentas e vinte e quatro (14.924) de apartamentos, sendo estas as observações

que permaneceram na amostra após o tratamento dos dados brutos para a retirada de observações com informações incompletas e *outliers* que pudessem causar distorções.

Para adequar o valor nominal de cada observação foi utilizada, para cada ano uma *dummy* de tempo relativa ao ano em que a pesquisa imobiliária foi coletada. Como em Cervero, Kang (2011), para compor a variável dependente, o valor dos imóveis está a preços constantes, deflacionados pelo índice de preços ao consumidor, IPCA, por metro quadrado com base em dezembro de 2014 em logaritmo natural, o que possibilita a captação dos resultados das elasticidades parciais entre as variáveis analisadas.

Aqui cabe ressaltar que o componente espacial considerado no modelo é a medida de distância do ponto de parada do BRT até cada ponto observado (georreferenciado). Ainda, como medida de controle, foi incluída a distância de todos os pontos pesquisados em relação ao Central Business District-CBD devido a sua correlação espacial com o valor dos imóveis em Curitiba.

O cálculo das distâncias foi obtido através dos sistemas Esri ArcGIS de geoprocessamento. As informações de distância[8] e mapas foram elaborados de acordo com a especificação dos arquivos gerados pelo sistema de coleta de preços do departamento de avaliação e pesquisa da Secretaria de Finanças da Prefeitura de Curitiba e modelados para atender à configuração proposta para o modelo de preços hedônicos espacial. Foram determinados para o estudo os intervalos de distâncias de (100, 200, 400, 600, 800 e 1000 metros) em relação às paradas de BRT para captar a magnitude da influência espacial e, também, se esta é positiva ou negativa.

Com relação às paradas de BRT da Linha Verde, foram utilizadas as distâncias dos imóveis aos seis pontos já existente apenas, sem levar em consideração os pontos previstos fornecidos pelo IPPUC (um total de 14), haja vista o projeto ainda estar em andamento (conclusão prevista para meados de 2017). Para o restante do sistema BRT foram incluídas as distâncias a todos os pontos em operação (99 pontos de parada).

[8] Informações de distância e mapas fornecidas pelo setor de Geoprocessamento do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba-IPUC.

Em relação ao período estudado, que vai de 2005 até 2014, o objetivo foi formar um panorama de 10 anos e captar o efeito já consolidado do sistema, bem como do projeto em andamento da Linha Verde, o qual já opera desde 2009 na sua parte SUL (o projeto está dividido em três setores - Norte, Central e Sul).

# 5 RESULTADOS E ANÁLISE

## 5.1 A análise dos resultados da AEDE

A análise dos resultados para a AEDE, trata de mensurar a associação de dados no espaço, quantificando e identificando os padrões de variação sistemática do fenômeno por localização espacial.

Para a variável dependente dos dados referentes aos terrenos, através da observação do gráfico de dispersão de Moran, Figura 7, e pelo mapa de pontos observados, Figura 8, é perceptível a concentração de valores alto/alto, para o metro quadrado de terrenos ao entorno dos eixos estruturais da cidade e do CBD, ao passo que os valores baixo/baixo se espraiam pela periferia da cidade. Está característica de distribuição espacial reforça a tese de que a cidade de Curitiba está alinhada, em seu desenvolvimento urbano, à teoria de um CBD único.

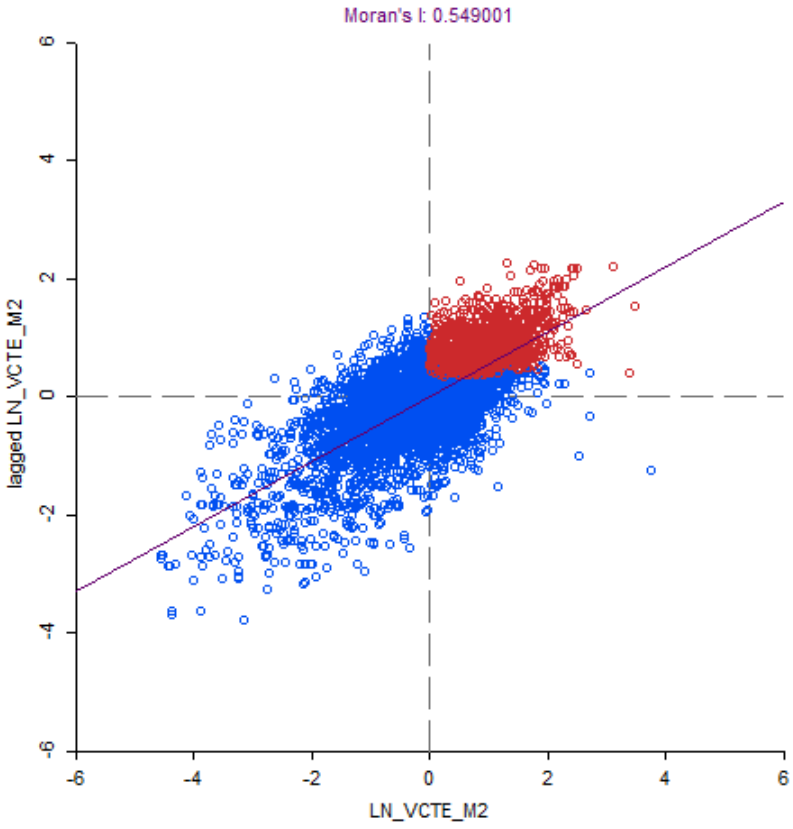



*Figura 7-Gráfico de dispersão I de Moran Local terrenos*

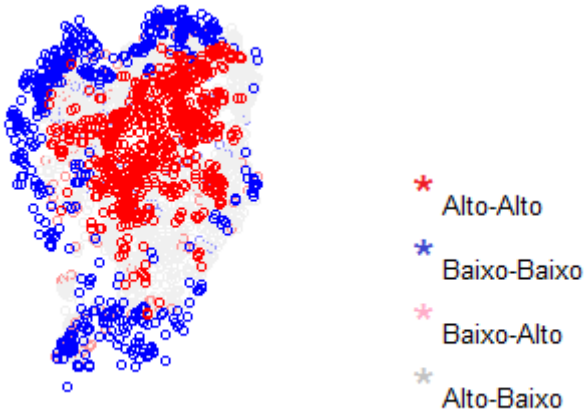



*Figura 8 - Mapa com a localização dos padrões de aglomeração I Moran Local terrenos*

Em relação aos dados referentes aos apartamentos, para a variável dependente, obtivemos o resultado de 0,2105 para o *I-Moran Local*, conforme o gráfico de dispersão  Figura 9.

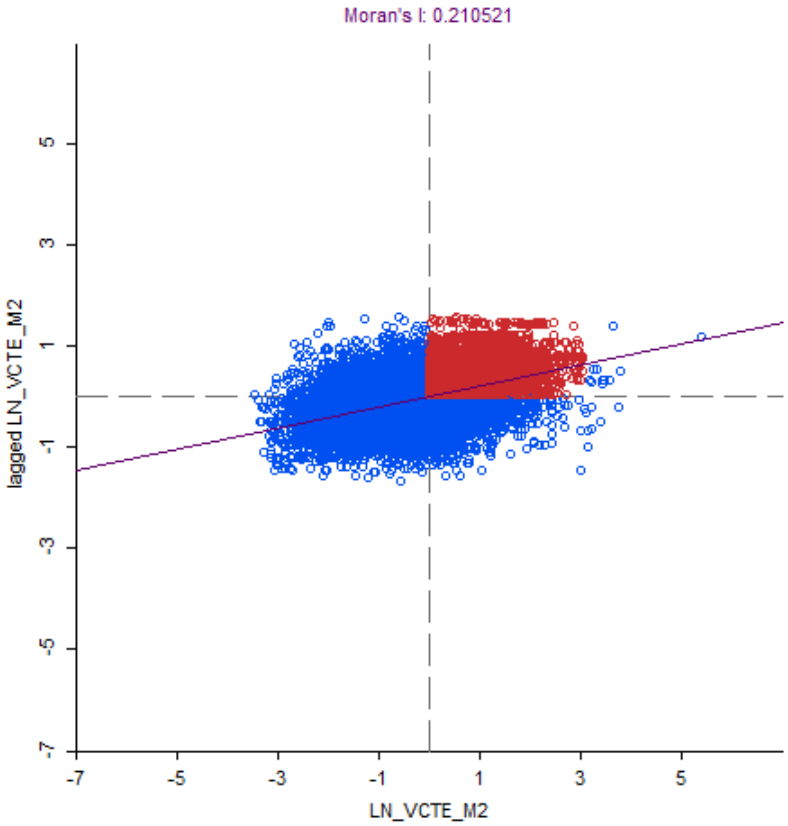



*Figura 9-Gráfico de dispersão I de Moran Local apartamentos*

A Figura 10, que apresenta o mapa dos pontos observados e com a localização dos padrões de aglomeração *I Moran Local* para apartamentos, também fica evidente um comportamento semelhante ao resultado obtido para o conjunto de dados de terrenos em relação à variável do valor por metro quadrado. Há a concentração de valores alto/alto no entorno dos eixos de BRT e do CBD, até porque, as edificações mais altas e que competem por espaços verticalizáveis mais caros tem a sua valorização baseada no zoneamento e na localização nos setores estruturais e centrais da cidade (por determinação do próprio planejamento urbano definido *a priori*).

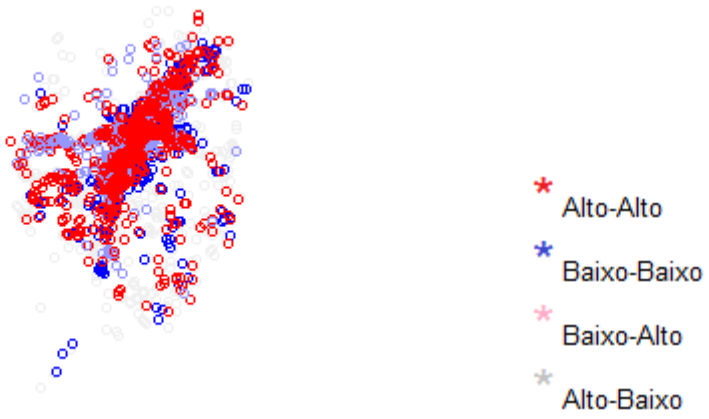



*Figura 10 - Mapa com a localização dos padrões de aglomeração I Moran Local apartamentos*

O que cabe destaque na configuração espacial para apartamentos é a orientação de ocupação no sentido Norte/Sul da cidade. Por ser o eixo de BRT mais antigo implantado, a sua consolidação é facilmente percebida, bem como o transbordamento no sentido Leste/Oeste.

A autocorrelação espacial entre as variáveis pode ser constatada como correlação global, também através da utilização do *I-Moran*. Um índice positivo e próximo à unidade indica alto grau de similaridade, ao passo que um índice negativo indicaria dissimilaridade. A Tabela 3 e a Tabela 4, apresentam os resultados para cada variável do *I-Moran* para terrenos e apartamentos respectivamente, sendo todos com valor de probabilidade significativa.

TABELA 3 ÍNDICE I-MORAN PARA AS VARIÁVEIS DE TERRENOS UTILIZANDO A MATRIZ DE CONTIGUIDADE QUEEN-1

| VARIÁVEL | I - MORAN | P - VALOR |
|---|---|---|
| *LN_VCTE_M2* | *0,5370* | *0* |
| *LNAREA* | *0,5125* | *0* |
| *LNDISTCBD* | *0,9921* | *0* |
| *DT_2005* | *0,0705* | *0* |
| *DT_2006* | *0,5091* | *0* |
| *DT_2007* | *0,0739* | *0* |
| *DT_2008* | *0,0584* | *0* |
| *DT_2009* | *0,0582* | *0* |
| *DT_2010* | *0,0541* | *0* |
| *DT_2011* | *0,0469* | *0* |
| *DT_2012* | *0,0597* | *0* |
| *DT_2013* | *0,0537* | *0* |
| *DT_2014* | *0,0822* | *0* |
| *DZ_ZR1* | *0,7723* | *0* |
| *DZ_ZR2* | *0,8450* | *0* |
| *DZ_ZR3* | *0,6963* | *0* |
| *DZ_ZR4* | *0,6824* | *0* |
| *DZ_ZC* | *0,4980* | *0* |
| *DBRT100* | *0,3957* | *0* |
| *DBRT200* | *0,3807* | *0* |
| *DBRT300* | *0,4052* | *0* |
| *DBRT400* | *0,3285* | *0* |
| *DBRT500* | *0,3175* | *0* |
| *DBRT600* | *0,2289* | *0* |
| *DBRT700* | *0,1898* | *0* |
| *DBRT800* | *0,3475* | *0* |
| *DBRT900* | *0,3081* | *0* |
| *DBRT1000* | *0,3688* | *0* |

Fonte: Elaboração própria.

TABELA 4 INDICE I-MORAN PARA AS VARIÁVEIS DE APARTAMENTOS UTILIZANDO A MATRIZ DE CONTIGUIDADE QUEEN-1

| VARIÁVEL | I - MORAN | P - VALOR |
|---|---|---|
| *LN_VCTE_M2* | *0,2105* | *0* |
| *LNAREA* | *0,6019* | *0* |
| *LNIDADE* | *0,3809* | *0* |
| *LNDISTCBD* | *0,9957* | *0* |
| *DP_ALTO* | *0,3549* | *0* |
| *DP_MEDIO* | *0,2825* | *0* |
| *DP_BAIXO* | *0,2526* | *0* |
| *DT_2005* | *0,1361* | *0* |
| *DT_2006* | *0,0198* | *0* |
| *DT_2007* | *0,0339* | *0* |
| *DT_2008* | *0,0259* | *0* |
| *DT_2009* | *0,0392* | *0* |
| *DT_2010* | *0,0295* | *0* |
| *DT_2011* | *0,0646* | *0* |
| *DT_2012* | *0,1321* | *0* |
| *DT_2013* | *0,1975* | *0* |
| *DT_2014* | *0,1014* | *0* |
| *DZ_ZR1* | *0,4047* | *0* |
| *DZ_ZR2* | *0,7720* | *0* |
| *DZ_ZR3* | *0,7386* | *0* |
| *DZ_ZR4* | *0,8243* | *0* |
| *DZ_SE* | *0,8112* | *0* |
| *DBRT100* | *0,4746* | *0* |
| *DBRT200* | *0,5620* | *0* |
| *DBRT300* | *0,5349* | *0* |
| *DBRT400* | *0,5736* | *0* |
| *DBRT500* | *0,4612* | *0* |
| *DBRT600* | *0,4392* | *0* |
| *DBRT700* | *0,5566* | *0* |
| *DBRT800* | *0,4880* | *0* |
| *DBRT900* | *0,3974* | *0* |
| *DBRT1000* | *0,4789* | *0* |

Fonte: Elaboração própria.

A variável de controle que mede a distância ao marco zero, por exemplo, tem *I-Moran* extremamente próximo à 1 para os dois modelos. O valor dos imóveis também apresenta correlação espacial significativa com índice igual a 0,3766.

Resumindo, há três tipos de informações relevantes obtidas através dessa análise. O nível de significância demonstra que os dados não estão distribuídos aleatoriamente; o sinal positivo da estatística de Moran e significativo denotam a concentração de valores com similaridades; a magnitude do índice nos fornece a força da autocorrelação espacial.

Assim, a evidente correlação espacial deve ser tratada nos modelos através das variáveis de controle e de modelos com defasagem espacial, SAR, e espacial no erro, SEM. O modelo escolhido terá a finalidade de eliminar a dependência espacial dos dados.

## 5.2 Resultados dos modelos de preços hedônicos para terrenos

A seguir serão apresentados os resultados e análises, primeiramente para a definição da matriz de vizinhança e escolha do modelo de regressão, de acordo com os procedimentos e conceitos apresentados no capítulo quatro. Na sequência, estão os resultados da estimação utilizando o modelo escolhido.

Os testes resumidos da tabela Tabela 5, que mostram os resultados para o índice $I - Moran$ nos resíduos para cada tipo de matriz de vizinhança para os três modelos de regressão, fornecem os subsídios para a escolha do tipo de matriz de vizinhança (ponderação espacial).

Como resultado para terrenos, na Tabela 5, a matriz do tipo *K10* (matriz *k* com *n* vizinhos igual a 10) apresentou o índice $I$-*Moran* igual a 0,3986 e a matriz do tipo *queen-1* igual a 0,3629, o que levaria à escolha da matriz de maior índice, ou seja a matriz K10. Porém, a configuração das matrizes geradas pelo software Geoda, quando definidas com o tipo *k-n*, resultam em matrizes assimétricas. Essa restrição gera uma limitação para rodar as regressões com defasagem espacial e defasagem espacial no erro para a matriz *K* vizinhos, sendo que tal restrição não ocorre quando é gerada a matriz do tipo *queen-1, a qual* mostrou ser compatível com a regressão para os três tipos de modelo espacial. Assim não foi possível obter o $I$-*Moran* para os resíduos para as matrizes do tipo K vizinhos para os modelos SAR e SEM.

A base de dados extensa também provoca limitações computacionais na geração de uma matriz de distância euclidiana, sendo que a distância média acima de 3.600 metros e o grande número de pontos faz com que os limites computacionais envolvidos no processo não suportem as sucessivas iterações.

Assim optou-se pela matriz do tipo *queen-1* com base no valor do $I$-*Moran* obtido para os resíduos no modelo SEM (0,000) que elimina a dependência espacial

para o modelo com defasagem no erro, conforme o procedimento descrito em Almeida (2012 p.98).

TABELA 5 ÍNDICE I – MORAN DOS RESÍDUOS PARA TERRENOS

| MATRIZ | OLS | | SAR | | SEM | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $W_{IJ}$ | I-M | P-VALOR | I-M | P-VALOR | I-M | P-VALOR |
| *QUEEN_1* | *0,3629* | *0,000* | *0,0279* | *0,000* | *0,000* | *0,001* |
| *K_10* | *0,3986* | *0,000* | - | - | - | - |
| *K_20* | *0,3198* | *0,000* | - | - | - | - |
| *K_30* | *0,2744* | *0,000* | - | - | - | - |
| *K_40* | *0,2466* | *0,000* | - | - | - | - |
| *K_50* | *0,2269* | *0,000* | - | - | - | - |

Fonte: elaboração própria, p-valor (999 permutações).

Seguindo os critérios apresentados no capítulo quatro para escolha do melhor modelo de regressão, o modelo SEM, utilizando a matriz do tipo queen-1, apresentou menor valor para os critérios de informação de Akaike, Schwarz (8841,1 e 9017,06), conforme resultados da Tabela 6, obtidos ao realizar a regressão dos três modelos para as variáveis de terrenos com a matriz queen-1. Assim, foi escolhido o modelo SEM para a análise dos coeficientes das variáveis de terrenos nesse trabalho.

TABELA 6 TESTES DA REGRESSÃO TERRENOS - QUEEN1

| TESTES | OLS | SAR | SEM |
|---|---|---|---|
| *I –MORAN-Resíduos* | *0,3629* | *0,0279* | *0,0000* |
| *Critério de Akaike* | *10859,5* | *9028,67* | *8841,1* |
| *Critério de Schwarz* | *11035,5* | *9211,4* | *9017,06* |

Fonte: Elaboração própria

O resultado obtido para o conjunto de dados de terrenos, Tabela 7, levando em conta o modelo com defasagem espacial no erro, SEM, destaca a valorização acentuada dos terrenos próximos ao sistema BRT com todos os coeficientes referentes às *dummies* de intervalo de distância apresentando p-valor significativo.

É fácil perceber que quanto mais próximo do BRT (coeficiente 0,6260 para intervalo de 100 metros e 0,6058 para 200 metros) maior a influência nos preços e

essa influência vai decaindo mais acentuadamente a partir de 300 metros, e conforme aumenta a distância. A variável $\rho, \lambda$ representa o termo de autocorrelação espacial do erro e se mostra significativa, indicando a existência de forte autocorrelação espacial ($\rho, \lambda$ de 0,7164 e p-valor 0,0000).

TABELA 7 MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL PARA AMOSTRA DE TERRENOS DE CURTITIBA 2005 - 2014

| QUEEN 1 | OLS | | SAR | | SEM | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VARIÁVEIS | coeficiente | p-valor | coeficiente | p-valor | coeficiente | p-valor |
| *CONSTANT* | *1265082,00* | *0.0000* | *5857419,00* | *0.0000* | *1288839,00* | *0.0000* |
| *LNAREA* | *-0.2826* | *0.0000* | *-0.1863* | *0.0000* | *-0.2274* | *0.0000* |
| *LNDISCBD* | *-0.5644* | *0.0000* | *-0.2566* | *0.0000* | *-0.6301* | *0.0000* |
| *DT2006* | *-0.5247* | *0.0000* | *-0.4414* | *0.0000* | *-0.4143* | *0.0000* |
| *DT2007* | *-0.3862* | *0.0000* | *-0.2738* | *0.0000* | *-0.2683* | *0.0000* |
| *DT2008* | *-0.1723* | *0.0000* | *-0.1022* | *0.0000* | *-0.0934* | *0.0001* |
| *DT2009* | *0.0568* | *0.0655* | *0.1045* | *0.0000* | *0.1191* | *0.0000* |
| *DT2010* | *0.2803* | *0.0000* | *0.3082* | *0.0000* | *0.3449* | *0.0000* |
| *DT2011* | *0.4571* | *0.0000* | *0.4740* | *0.0000* | *0.5082* | *0.0000* |
| *DT2012* | *0.6083* | *0.0000* | *0.6139* | *0.0000* | *0.6675* | *0.0000* |
| *DT2013* | *0.7272* | *0.0000* | *0.7123* | *0.0000* | *0.7459* | *0.0000* |
| *DT2014* | *0.7343* | *0.0000* | *0.6955* | *0.0000* | *0.7255* | *0.0000* |
| *DZ_ZR1* | *0.0382* | *0.2846* | *-0.0424* | *0.1577* | *-0.0728* | *0.1831* |
| *DZ_ZR2* | *-0.0393* | *0.0305* | *-0.0612* | *0.0000* | *-0.1288* | *0.0000* |
| *DZ_ZR3* | *-0.0230* | *0.3799* | *-0.0855* | *0.0001* | *-0.1342* | *0.0001* |
| *DZ_ZR4* | *0.2091* | *0.0000* | *0.0596* | *0.0326* | *-0.0381* | *0.3606* |
| *DBRT100* | *0.7944* | *0.0000* | *0.3781* | *0.0000* | *0.6280* | *0.0000* |
| *DBRT200* | *0.8303* | *0.0000* | *0.4291* | *0.0000* | *0.6058* | *0.0000* |
| *DBRT300* | *0.4683* | *0.0000* | *0.1813* | *0.0000* | *0.3712* | *0.0000* |
| *DBRT400* | *0.3865* | *0.0000* | *0.1247* | *0.0004* | *0.2831* | *0.0000* |
| *DBRT500* | *0.2546* | *0.0000* | *0.0448* | *0.1979* | *0.1961* | *0.0002* |
| *DBRT600* | *0.3056* | *0.0000* | *0.0987* | *0.0146* | *0.2432* | *0.0000* |
| *DBRT700* | *0.2372* | *0.0000* | *0.0809* | *0.0545* | *0.2565* | *0.0000* |
| *DBRT800* | *0.2954* | *0.0000* | *0.1275* | *0.0003* | *0.2450* | *0.0000* |
| *DBRT900* | *0.2689* | *0.0000* | *0.1038* | *0.0029* | *0.1914* | *0.0000* |
| *DBRT1000* | *0.2155* | *0.0000* | *0.0892* | *0.0107* | *0.1468* | *0.0011* |
| *ρ , λ* | *-* | *-* | *0,5716* | *0,0000* | *0.7164* | *0.0000* |
| *R- quadrado* | *0,6017* | *-* | *0,7165* | *-* | *0,7334* | *-* |

Fonte: Elaboração própria.

Para as variáveis referentes ao tipo de zoneamento, apenas ZR2 e ZR3 foram significativas e apresentaram coeficientes negativos (-0,1288 e -0,1342) indicando que esse tipo de zoneamento tem uma desvalorização. São dois tipos de zoneamento com menor potencial de verticalização, destinados a construção de residências individuais, o que pode indicar para esse tipo de zoneamento tem uma preferência menor pelos empreendedores.

Quanto à variação dos coeficientes para o tempo, todos são significativos e apresentam o crescimento constante em termos de valor com destaque para o período de 2011 a 2014, em que houve forte movimentação no setor imobiliário, tanto especulativo como na procura por terrenos para o lançamento de novos empreendimentos.

Quanto às variáveis de área e distância ao CBD, os coeficientes apresentaram-se significativos com valores negativos (-0,2274 e -0,6301) como esperado. Podemos inferir que à medida em que a localização dos imóveis se afasta do centro, diminui o seu valor por metro quadrado.

A área de um terreno obedece a uma razão inversa de valor, como esperado. Por exemplo se temos um terreno de dez mil metros quadrados com um valor hipotético de R$1.000,00 por m² e há a possibilidade de dividir esse lote em frações menores (20 terrenos de 500m² ou 40 terrenos de 250m²) ocorrerá uma valorização do valor por m² do terreno quanto maior a possibilidade de fracionamento, ou seja quanto menor a área maior será o valor por m² de cada terreno, proporcionalmente. É uma questão de mercado imobiliário, há poucos compradores para grandes áreas e muitos compradores com condição e disposição para a compra de áreas menores.

Os resultados obtidos através dos modelos de regressão apresentados confirmam a hipótese de que os preços dos imóveis em Curitiba são influenciados pela configuração e principalmente pela proximidade ao eixo estrutural de transporte BRT.

## 5.3 Resultados dos modelos de preços hedônicos para apartamentos

Similarmente aos resultados obtidos para o conjunto de dados de terrenos, para a amostra de apartamentos, também foi escolhida a matriz do tipo *queen-1*, apesar de os resultados da Tabela 8 apresentarem um valor maior do *I-Moran* para a matriz do tipo *K10 e K20* (0,3181 e 0,2296) contra *queen-1* (0,1752). A impossibilidade de regredir a matriz assimétrica de vizinhança nos modelos espaciais

impediu a obtenção dos valores do *I-Moran* para as matrizes do tipo *k - vizinhos* não podendo ser verificada se há a remoção da dependência espacial, o que é perfeitamente possível com a matriz *queen-1*, com valor igual a zero para o *I-Moran* nos resíduos no modelo SEM.

Conforme o procedimento descrito por Almeida (2012), o modelo de preços hedônicos espacial escolhido para apartamentos segue as condições de: menor critério de informação tanto de Akaike quanto Schwartz, eliminar a dependência espacial no resíduo. A tabela Tabela 9, apresenta os valores para os testes com o resultado determinando a escolha do modelo autoregressivo com defasagem espacial no erro, SEM, para o conjunto de dados. Assim a análise dos coeficientes, para apartamentos foi feita para o modelo escolhido de defasagem espacial no erro, SEM.

TABELA 8 ÍNDICE I – MORAN DOS RESÍDUOS PARA APARTAMEMNTOS

| MATRIZ | OLS | | SAR | | SEM | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $W_{IJ}$ | I-M | P-VALOR | I-M | P-VALOR | I-M | P-VALOR |
| *QUEEN_1* | *0,1752* | *0,000* | *0,0608* | *0,000* | *0,000* | *0,000* |
| *K_10* | *0,3181* | *0,000* | *-* | *-* | *-* | *-* |
| *K_20* | *0,2296* | *0,000* | *-* | *-* | *-* | *-* |
| *K_30* | *0,1920* | *0,000* | *-* | *-* | *-* | *-* |
| *K_40* | *0,1661* | *0,000* | *-* | *-* | *-* | *-* |
| *K_50* | *0,1506* | *0,000* | *-* | *-* | *-* | *-* |

Fonte: elaboração própria

O modelo SEM também foi escolhido para apartamentos, por remover a dependência espacial com a escolha da matriz de vizinhança do tipo queen-1, e ainda possuir os menores valores para os critérios de informação de Akaike e Schwarz respectivamente (-5704,33 e -5483,62) em relação aos modelos OLS e SAR.

TABELA 9 TESTES DA REGRESSÃO APARTAMENTOS - QUEEN1

| TESTES | OLS | SAR | SEM |
|---|---|---|---|
| *I -MORAN* | *0,1752* | *0,0608* | *0,0000* |
| *Critério de Akaike* | *-3212,28* | *-4663,82* | *-5704,33* |
| *Critério de Schwarz* | *-2991,57* | *-4435,49* | *-5483,62* |

Fonte: Elaboração própria.

Para o conjunto de dados referentes à pesquisa imobiliária de apartamentos a Tabela 10 apresenta os resultados da regressão e a análise a seguir foi feita para o modelo escolhido SEM.

Para as variáveis de distância podemos perceber um comportamento diferente em relação ao que foi obtido para terrenos. A significância dos coeficientes é alcançada somente até a faixa de 400 metros, sendo que também há valorização, como esperado, para os apartamentos próximos ao eixo BRT, com valorização de 6,88% para 100 metros de distância, 6,97% para 200, 3,97% para 300 e 4,20% para 400. Isso indica a preferência do comprador pela facilidade de acesso ao sistema de transporte, e a influência refletida no preço de acordo com a proximidade aos pontos de BRT.

O resultado obtido é menor do que o encontrado por Rodríguez e Mojica (2009), causado pela introdução de um sistema de BRT na cidade de Bogotá, Bolívia, com aumentos de preços entre 13% e 14%, e de Cervero e Kang (2011) em Seul, Coreia do Sul de até 10% de valorização a menos de 300 m de um ponto de BRT. Porém, para Curitiba o estudo é de um sistema já implantado há mais de 40 anos e que revela uma estrutura urbana já cristalizada ainda sob influência de valorização em decorrência da proximidade do BRT.

TABELA 10 MODELOS DE REGRESSÃO ESPACIAL PARA AMOSTRA DE APARTAMENTOS DE CURTITIBA 2005 - 2014

| Queen1 | OLS | | SAR | | SEM | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VARIÁVEIS | coeficiente | p-valor | coeficiente | p-valor | coeficiente | p-valor |
| *CONSTANT* | *7.945* | *0.0000* | *4.834* | *0.0000* | *8.382* | *0.0000* |
| *LNAREA* | *-0.0503* | *0.0000* | *-0.0696* | *0.0000* | *-0.1143* | *0.0000* |
| *LNIDADE* | *-0.0576* | *0.0000* | *-0.0404* | *0.0000* | *-0.0565* | *0.0000* |
| *LNDISTCBD* | *-0.0501* | *0.0000* | *-0.0614* | *0.0000* | *-0.0634* | *0.0000* |
| *DP_ALTO* | *0.2862* | *0.0000* | *0.2447* | *0.0000* | *0.2146* | *0.0000* |
| *DP_MEDIO* | *0.0379* | *0.0000* | *0.0333* | *0.0002* | *0.0267* | *0.0030* |
| *DT_2006* | *0.1198* | *0.0000* | *0.0957* | *0.0000* | *0.1067* | *0.0000* |
| *DT_2007* | *0.2394* | *0.0000* | *0.2091* | *0.0000* | *0.2234* | *0.0000* |
| *DT_2008* | *0.4243* | *0.0000* | *0.3909* | *0.0000* | *0.4068* | *0.0000* |
| *DT_2009* | *0.5238* | *0.0000* | *0.4977* | *0.0000* | *0.5146* | *0.0000* |
| *DT_2010* | *0.6422* | *0.0000* | *0.6081* | *0.0000* | *0.6329* | *0.0000* |
| *DT_2011* | *0.7776* | *0.0000* | *0.7367* | *0.0000* | *0.7529* | *0.0000* |
| *DT_2012* | *0.8525* | *0.0000* | *0.8002* | *0.0000* | *0.8238* | *0.0000* |
| *DT_2013* | *0.8329* | *0.0000* | *0.7921* | *0.0000* | *0.8426* | *0.0000* |
| *DT_2014* | *0.8507* | *0.0000* | *0.8032* | *0.0000* | *0.8316* | *0.0000* |
| *D_ZR1* | *0.0359* | *0.2135* | *0.0272* | *0.3197* | *0.0471* | *0.1682* |
| *D_ZR2* | *-0.0264* | *0.0031* | *-0.0316* | *0.0002* | *-0.0673* | *0.0000* |
| *D_ZR3* | *-0,0041* | *0,5894* | *-0,0028* | *0,6906* | *0,1748* | *0,1325* |
| *D_ZR4* | *0,0219* | *0.0000* | *0,0169* | *0,0001* | *0,0198* | *0,0147* |
| *DBRT100* | *0.0404* | *0.0001* | *0.0478* | *0.0000* | *0.0688* | *0.0003* |
| *DBRT200* | *0.0412* | *0.0000* | *0.0359* | *0.0000* | *0.0697* | *0.0000* |
| *DBRT300* | *0.0311* | *0.0000* | *0.0257* | *0.0003* | *0.0397* | *0.0139* |
| *DBRT400* | *0.0191* | *0.0143* | *0.0157* | *0.0342* | *0.0420* | *0.0090* |
| *DBRT500* | *-0.0088* | *0.3139* | *0.0003* | *0.9695* | *0.0212* | *0.1933* |
| *DBRT600* | *0.0007* | *0.9418* | *0.0119* | *0.1855* | *0.0222* | *0.1777* |
| *DBRT700* | *0.0109* | *0.2247* | *0.0057* | *0.4991* | *0.0172* | *0.2804* |
| *DBRT800* | *0.0013* | *0.8966* | *0.0059* | *0.5479* | *0.0225* | *0.1794* |
| *DBRT900* | *0.0146* | *0.1636* | *0.0214* | *0.0317* | *0.0298* | *0.0573* |
| *DBRT1000* | *-0.0242* | *0.0435* | *-0.0029* | *0.7955* | *-0.0050* | *0.7507* |
| *ρ , λ* | *-* | *-* | *0,4176* | *0,0000* | *0.7423* | *0.0000* |
| *R- quadrado* | *0,6172* | *-* | *0,6555* | *-* | *0,6867* | *-* |

FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA

Diferente do que ocorre com os terrenos, há uma grande oferta de apartamentos próximos aos pontos de BRT (setor estrutural altamente concentrado demograficamente e verticalizado). A idade média dos apartamentos próximos aos pontos de BRT (entre 17 e 21 anos) indica que há uma certa cristalização do modelo urbano. Por outro lado, há uma escassez na oferta de terrenos próximos aos eixos já consolidados de BRT. Logo, a disputa por terrenos vagos gera uma sobrevalorização e aumenta significativamente o custo de lançamento de novos empreendimentos nessas áreas. Isso reflete em uma elevação de preços para imóveis novos, que

tendem a ser cada vez menores e mais caros nessas regiões centrais, como esperado.

O comportamento das variáveis em relação ao zoneamento apresentou coeficientes significativos para ZR2 (-6,73%) e para ZR4 com valorização de 1,98%. Esse resultado reflete o potencial de construção desses tipos de zoneamento. Como ZR4 tem um potencial maior, apresentou valorização, já o ZR2 é limitado a dois pavimentos, portanto menos demandado pelos empreendedores e desvalorizado. Cabe destacar que em relação à distância dos pontos de BRT, esses dois zoneamentos ficariam próximos à faixa de 400 para ZR4 e 800 metros para ZR2, o que demonstra que os resultados podem estar sendo afetados por essa característica espacial.

A variação dos coeficientes para o tempo, resultam todos significativos positivos e evidenciam o crescimento constante em termos de valor com destaque para o período de 2011 a 2014, similarmente com o resultado encontrado para terrenos, em que houve forte movimentação no setor imobiliário.

As variáveis para padrão de construção, foram significativas e, como esperado, apresentaram valorização de 21,46% para os imóveis considerados de alto padrão e de 2,67% para os de médio padrão. A variável referente à idade dos imóveis apresenta valor negativo (-5,65%), compatível com a depreciação sofrida por um imóvel ao longo do tempo.

Quanto a área, o valor negativo (-11,43%) do coeficiente está relacionada à elasticidade em relação ao preço do metro quadrado representada pela variável dependente. Destaca um comportamento não linear relacionado ao tamanho do imóvel, ou seja, quanto maior o apartamento, menor deve ser valor por metro quadrado. O que, pode também ser interpretado inversamente por unidades menores, já que o valor do imóvel está sendo calculado em função do valor do metro quadrado. Apartamentos menores tendem a ter proporcionalmente um valor maior por metro quadrado do que apartamentos maiores.

Na Tabela 10, $(\rho , \lambda)$, que representa o termo de autocorrelação espacial do erro, é significativa, o que pode indicar a existência de variáveis referentes a amenidades omitidas (0,7424).

De acordo com esses procedimentos de verificação e teste do modelo, sua configuração em termos de variáveis de controle de tempo, valor e distâncias, podemos admitir que a escolha do modelo com defasagem espacial no erro cumpre a função de melhor escolha entre os três modelos de regressão apresentados.

Os resultados são estatisticamente significantes e coerentes com a literatura e teorias discutidas nesse trabalho e apresentam nível de significância estatística com p-valor próximo de zero. Apesar da impossibilidade computacional em rodar os modelos com diferentes tipos de matriz de vizinhança, devido à assimetria das matrizes do tipo K-n vizinhos gerada pelo software empregado (Geoda), a estrutura de variáveis dos modelos tem bom poder explicativo.

# CONCLUSÕES

O objetivo desse trabalho foi analisar a influência do sistema *Bus Rapid Transit,* BRT, nos preços dos imóveis de Curitiba. A abordagem desenvolvida baseou-se em um modelo de preços hedônicos espacial para os terrenos e apartamentos, no município de Curitiba, como ferramenta para testar e mensurar a influência do sistema BRT no preço dos imóveis.

Os modelos de preços hedônicos, apesar das dificuldades de obtenção de dados de pesquisa imobiliária, por longos períodos de tempo, para a maioria das cidades, são instrumentos capazes de medir as relações entre os atributos dos imóveis e a sua localização espacial. A amostra para terrenos e apartamentos utilizada representa mais de 1% dos imóveis existentes em Curitiba e cobre um período de dez anos. Ao considerar que cerca de 2,5% em média dos imóveis são anunciados em cada período, essa amostra é capaz de fornecer elementos representativos do mercado imobiliário em relação aos preços no tempo, localização, atributos individuais de zoneamento e padrão de construção, idade e distâncias entre os elementos pesquisados e o CBD e pontos de parada do BRT.

O modelo com defasagem espacial no erro, SEM, apresentou, com uma matriz de ponderação espacial Queen de ordem 1, resultados significativos estatisticamente e esclarecedores sobre o comportamento dos preços no espaço, e foi escolhido para a análise por ser o que melhor se ajustou aos dados.

Os intervalos de distância selecionados se mostraram adequados e reforçam o comportamento de preços, sendo que entre 100 até 1000 metros de amplitude há reflexos expressivos e positivos nos preços dos imóveis. Portanto, conclui-se pela dependência espacial na relação de preços do mercado imobiliário nas proximidades dos pontos de BRT. Para terrenos próximos aos pontos de BRT (62,60% para intervalo de 100 metros e 60,58% para 200 metros) decaindo mais acentuadamente a partir de 300 metros, e conforme aumenta a distância até 1000 metros. Para apartamentos os coeficientes significativos são alcançados somente até a faixa de 400 metros, sendo que também há valorização, como esperado, para os apartamentos próximos ao eixo BRT, com valorização de 6,88% para 100 metros de

distância, 6,97% para 200, 3,97% para 300 e 4,20% para 400. Diferente do que ocorre com os terrenos, há uma grande oferta de apartamentos próximos aos pontos de BRT (setor estrutural altamente concentrado demograficamente e verticalizado).

Os sinais encontrados atendem ao que a literatura de preços hedônicos e modelos CBD preconizam. Pode-se afirmar ainda que: Curitiba tem um modelo de desenvolvimento urbano com comportamento baseado nas teorias de CBD e a relação entre preço e distâncias em relação ao CBD são significativas. A definição de estruturas viárias, uso do solo, adensamento demográfico e a oferta do sistema de transporte BRT foi e é determinante na formação de preços dos imóveis em Curitiba e os resultados encontrados confirmam a hipótese de influência do sistema BRT nos preços dos imóveis para a cidade de Curitiba.

A diferença entre os percentuais de valorização encontrados para terrenos e para apartamento também reflete uma questão de mercado, ou seja, a oferta de terrenos e apartamentos nas proximidades dos eixos de BRT. Há uma escassez na oferta de terrenos próximos aos eixos já consolidados de BRT gerando uma sobrevalorização. Já para os apartamentos há uma grande oferta de unidades justamente nas proximidades dos eixos de BRT, tanto de apartamentos usados, como novos.

Comparativamente a outros estudos similares de avaliação de impacto do sistema BRT sobre os preços de imóveis, o resultado obtido, para apartamentos, é menor do que o encontrado por Rodríguez e Mojica (2009), que estudou a introdução de um sistema de BRT na cidade de Bogotá, Bolívia, com valorização entre 13% e 14%, e de Cervero e Kang (2011) em Seul, Coreia do Sul de até 10% de valorização a menos de 300 m de um ponto de BRT. Estes autores captaram o efeito especulativo de curto prazo referente à implantação de um novo sistema estruturante de urbanização e transporte. Porém, para Curitiba o estudo é de um sistema já implantado há mais de 40 anos e que revela uma estrutura urbana já cristalizada ainda sob influência de valorização em decorrência da proximidade do BRT, revelando que os efeitos persistem e são significativos no longo prazo.

Como sugestão para aprimoramento do modelo e trabalhos futuros, poderão ser incorporadas variáveis sócio econômicas relativas à renda, emprego,

densidade demográfica, oferta de serviços públicos, relações com áreas comerciais e de serviços, fluxos de deslocamento residência-trabalho e outros dados populacionais e ambientais. A inclusão mais detalhada de outras amenidades que implicam em valorização como: shoppings, escolas, farmácias, centros de serviços de saúde, etc.

Também para estudos posteriores recomenda-se a busca de uma solução que viabilize a utilização de outros tipos de matriz de vizinhança para testar a modelagem, bem como a utilização de outros tipos de programação computacional mais adequada a solução da questão matricial espacial e até mesmo avaliar outros modelos de regressão em painel ou modelos hierárquicos.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. Likelihood of a model and information criteria. *Journal of Econometrics* 16, 3–14. 1981.

ALMEIDA, E. Econometria espacial aplicada. Ed Alínea. SP. 2012.

ANTP, RELATÓRIO 2012. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana. 2014.

ANSELIN, L.. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic, Dordrecht. 1988a.

ANSELIN, L. Thirty years of spatial econometrics. Papers in Regional Science, vol. 89, n. 1, p. 3-25. 2010.

ANSELIN, L. Local Ondicators os Spatial Association-LISA. Feographical Analysis, 27, n2, 93/115.1995.

ANSELIN, L. Spatial Econometrics, Methods and Models, Dordrecht: Kluwer. 1988.

ANSELIN, L. & A. GETIS. "Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems." The Annals of Regional Science 26, 19-33. 1992.

APTA, CONFERENCE SCHEDULE. January. Business Member Board of Governors Annual Business Meeting January 11-14. 2012.

ARMSTRONG, R.; RODRIGUEZ, D. An Evaluation of the Accessibility Benefits of Commuter Rail in Eastern Massachusetts using Spatial Hedonic Price Functions. Transportation: Planning, Policy, Research, Practice, Volume 33, Issue 1, pp 21-43. 2006.

BAJARI, P.; BENKARD, C.L.; KRAINER, J. House prices and consumer welfare, Journal of Urban Economics 58 (3), P. 474-487. 2005.

BAUMONT, C. Spatial effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)? Université de Bourgogne. 2004.

BOWES, D.R. & IHLANFELDT, K.R. Identifying the Impacts of Rail Transit Stations on Residential Property Values. Journal of Urban Economics. 50: p. 1-25. 2001.

BRUECKNER, J The structure of urban equilibria: a unified treatment of the muth-mills model. Handbook of Regional and Urban Economics. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, p. 821-845, 1987.

CARRUTHERS, D.; LAWSON, G. The contribution of transport to the quality of life. In: BLESSINGTON, H.K., ed. Urban Transport. London, Thomas Telford. 1995.

CERVERO R. & KANG, C.D. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea Transport Policy, 18 (1) (2011), pp. 102–116. 2011.

COURT, A.T. Hedonic Price Indexes with Automotive Examples. In The Dynamics of Automotive Demand, ed. Charles F. Roos 99-117. New York General Motors. 1939.

DEBREZION, G.; PELS, E. & RIETVELD, P. Modeling the Joint Access Mode and Railway Station Choice, Transportation Research E, 45, 270-283. 2009.

DIPASQUALE, D.; WHEATON, W. C. Urban economics and real estate markets. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996.

FUJITA, M. “Urban Economic Theory. Land Use and City Size,” Cambridge Univ. Press, Cambridge, MA. 1989.

GUJARATI D. N.; PORTER, D. C. Econometria básica. 2a edição. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 923 P. 2009.

HANSEN, W. How accessibility shapes land use. Journal of the American Institute of Planners, Vol. 25(2), p. 73-76. 1959.

HERMAN, B. & Haddad, E. Muito Além do Jardim: Mercado Imobiliário e Amenidades Urbana s, Estudos Econômicos, vol.35, no.2. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/

IPPUC- Curitiba, Instituto de pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm. 2015.

LANCASTER, KELVIN, J.A. New approach to consumer theory. Journal of Political Economy, Chicago: University of Chicago Press, n. 2, vol 7 4. 1966.

LE SAGE, J. P. & PACE, R.K. Introduction to Spatial Econometrics. CRC Press, Boca Raton. 2009.

LEI No.9.800/2000 - Sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba-jan.de 2000- <http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220>

LEI No.13.909/2011 - Aprova a Operação Urbana Consorciada Linha Verde, http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/operacao-urbana-leis-municipais/555

LINDAU, L.A.; HIDALGO, D. AND FACCHINI, D. Curitiba, Brazil: Inauguration of a Sixth BRT Corridor after 35 Years of Continuous Bus Oriented Development. In TRB 89th Annual Meeting Compendium of Papers. CD-ROM. Transportation Research Board, Washington, D.C., Paper # 10-2531. 2010.

LÖCHL, M. AND AXHAUSEN, K. W. Modeling hedonic residential rents for land use and transport simulation while considering spatial effects. Journal of Transport and Land Use, 3(2):39–63. 2010.

MALPEZZI, S. Housing. In Designing household survey questionnaires for developing countries: Lessons from fifteen years of the Living Standards Measurement Study. Volume 1. M. Grosh and P. Glewwe. Washington, D.C., World Bank: 293-314. 2000.

MARTINEZ, L.M. & VIEGAS, J.M. Activities Transportation Networks and Land Prices as Key Factors of Location Choices: An Agent-Based Model for Lisbon Metropolitan Area (LMA) MIT-Portugal Working Paper Series. 2009.

MARTELLATO, D. Innovation, Agglomeration and Complexity in Urban Systems, The City and Its Sciences. Cit. 1998.

MUNOZ, R.R. Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogota, Colombia. Transport Policy, 17(2),72-84. 2010.

NTU. ANUÁRIO 2009-2010. BRT: Transporte para as cidades da Copa 2014. Atividades da NTU. 2009.

PAELINCK, J.H.P. & KLAASSEN, L.H. Spatial Econometrics, Saxon House Farnborough. 1979.

PEREZ, P. E.; MARTINEZ, F.J. & ORTUZAR, J. DE D. Microeconomic formulation e estimation of residential location choice, Journal of Regional Science , 43(4), 771-789. 2003.

PEREIRA, R. H. & SCHWANEN, T. Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992 - 2009): Diferenças entre Regiões Metropolitanas, níveis de renda e sexo. Texto para discussão (1813). Fevereiro/2013.

RODRIGUEZ, D. A. & MOJICA, C. H. Capitalization of BRT network expansions effects into prices of non-expansion areas. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 43(5), 560-571. 2009.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, Journal of Political Economy, 82, p. 34- 55, 1974.

SPIEKERMANN, K.; NEUBAUER, J. European Accessibility and Peripherality: Concepts, Models and Indicators. Nordregio Working Paper 2002:9. Stockholm: Nordregio. 2002.

URBS, Sistema de expresso começou com 20 ônibus - Urbs.
www.urbs.curitiba.pr.gov.br › notícia. 2013.

VILLACA, F. São Paulo: segregação urbana e desigualdade. Estudos avançados, São Paulo, v. 25, n. 71. Abril/2011.

WHEELER, D. & TIEFELSDORF, M. Multicollinearity and correlation among local regression coefficients in geographically weighted regression. Journal of Geographical Systems, 7:161–187. 2005.

WRIGHT L. & HOOK, W. Bus Rapid Transit Planning Guide, New York: Institute for Transportation and Development Policy. 2007.

ZHOU, B. & KOCKELMAN, K. M. Self -selection in home choice: use of treatment effects in evaluating relationship between built environment and travel behavior. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2077(1): 54-61. 2008.