

## **Amenidades Urbanas e Valor das Residências: uma Análise Empírica para a Cidade do Recife**

Deborah M. S. Seabra – PIMES/UFPE. seabradms@gmail.com

Raul da Mota Silveira Neto – PIMES/UFPE. rau.silveira@uol.com.br

### **Resumo**

Este trabalho fornece estimativas da influências das amenidade urbanas sobre o valor dos imóveis residenciais na Cidade do Recife, cidade, entre as capitais do país, particularmente afetada por presença de praias e rios (“a Veneza Brasileira”). Para tal considera um modelo de preços hedônicos com correção para diferentes tipos de dependências espaciais e utiliza rico banco de dados fornecidos pela prefeitura da referida cidade do anos de 2012 e informações adicionais sobre amenidades urbanas. Em relação à literatura brasileira, há três inovações presentes no trabalho. Primeiro, além das características intrínsecas dos imóveis, o banco de dados utilizado inclui um considerável conjunto de informações a respeito das amenidades: são utilizadas informações da localização das residências com respeito à vista do mar, à distância à praia, ao Rio Capibaribe, ao Centro (CBD), à localização da ocorrência de homicídios, às Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), aos parques públicos e às estações metrô da cidade. Segundo, através de exaustivo trabalho de geocodificação dos endereços e amenidades, as informações sobre estas últimas são individualizadas, o que permite maior precisão na medida da influência das mesmas. Finalmente, ao contrário dos trabalhos disponíveis na literatura brasileira sobre a questão, o trabalho fornece medidas de impactos diretos e indiretos das variáveis sobre o valor dos imóveis, fundamental na presença de dependência espacial da variável dependente, uma vez que os coeficientes estimados não mais representam as influências dos regressores. A evidências obtidas indicam que “vista para o mar” e proximidade ao rio (mais que proximidade ao mar) são as amenidades mais valorizadas na cidade; por outro lado, os valores dos imóveis tendem a ser negativamente afetados com a proximidade às ZEIS e a locais de ocorrência de crimes.

**Palavras-chave:** Preços hedônicos, amenidades, econometria especial, Recife.

### **Abstract**

This paper aims to estimate the implicit price of the urban amenities of the city of Recife, located in the Brazilian Northeast. Using data from the Property Transfer Tax (ITBI) for 2012, a hedonic price model with spatial dependence among the observations was estimated. Besides variables describing the property, our database features a second group of information characterizing the neighborhood, with variables that measure the degree of accessibility, violence and proximity to main urban amenities such as squares, subway stations, river and the beach. As it could be expected from a tropical city, the results suggest that proximity to the sea entails real estate appreciation. A less obvious evidence can be found if we consider the Capibaribe River: the distance to it causes a devaluation 40% larger than that derived from the distance to the beach. Proximity to parks is related to an 1.2% increase in real estate prices, whereas the Special Zones of Social Interest (ZEIS) and metro stations cause the same prices to decrease by 10% and 3.3% respectively. Each homicide case near to property causes market price devaluation of 0.2%. Finally, distance to downtown shows a nonlinear behavior, causing a 10% appreciation when properties located within a short distance to the CBD get 1km farther from downtown, and a 0.5% decrease in the price for those more distant from Marco Zero. Such evidences disclose the important role played by amenities on the formation of real estate prices and show that ignoring spatial effects may lead to misleading conclusions.

**Keywords:** Hedonic prices; Amenities; Spatial econometrics; Recife

**Código JEL:** R31, R32.

**Área Anpec:** 10 - Economia Regional e Urbana

# Amenidades Urbanas e Valor das Residências: uma Análise Empírica para a Cidade do Recife

## 1. Introdução

É consenso entre os economistas que a imobilidade espacial que caracteriza as residências e edificações em geral impõe condicionantes adicionais para o entendimento da valoração dos mesmos nas economias de mercado. Primeiro, diferentemente dos bens *tradebles*, a oferta de residências e edificações é restrita às condições locais de produção. Isto implica que diferenciais espaciais de valores destes bens ou ativos persistem mesmo sobre condições de livre mercado. Como mostrou Roback (1982, 1988), tal fato, por sua vez, condiciona o valor dos salários reais das localidades e, assim, é fundamental para entender a arbitragem espacial dos trabalhadores e firmas entre localidades alternativas. Em segundo lugar, o caráter de imobilidade também implica que o consumo destes bens ou ativos, ou dos serviços derivados dos mesmos, não pode ser dissociado da influência do ambiente natural ou social em que os mesmos estão localizados. Isto significa que a valoração e os preços dos mesmos, diferentemente daqueles bens onde a dimensão espacial é irrelevante para seu consumo, tendem a refletir não apenas as características intrínsecas destes, mas também as condições do ambiente natural e social de sua localização no espaço (Rosen, 1974).

Hoje, embora não haja dúvidas que as especificações de um imóvel, tais como metragem quadrada, número de quartos e área de lazer, alteram seu preço, há um consenso de que fatores exógenos como a sua localização, a qualidade da vizinhança e a facilidade de acesso ao centro, modificam as decisões de moradia dos agentes econômicos (Sheppard, 1999). O desafio, porém, persiste quando se procura precificar empiricamente tais amenidades urbanas. Apesar do mercado se encarregar da determinação dos preços de equilíbrio dos aspectos ambientais que transpassam as fronteiras físicas de um imóvel, a inexistência das conhecidas curvas de oferta e demanda impossibilitam o conhecimento direto de tais valores. A precificação dos imóveis exige, pois, uma estratégia que permita a revelação da influência do ambiente neste contexto de ausência de informação via mercado.

Nessas circunstâncias, o modelo de preços hedônicos desenvolvido por Court (1939) é particularmente importante na valoração das amenidades. O termo hedônico, cunhado pelo próprio autor, se referia à mensuração da importância relativa dos componentes automotivos, de tal forma que alterações de preços devido a mudanças na especificação do veículo poderiam ser calculadas dividindo o seu valor final pelo referido índice hedônico. Posteriormente expandido e consolidado por Rosen (1974), o modelo é amplamente utilizado para mensurar a disposição marginal de um consumidor a pagar por determinada característica do bem. No caso imobiliário, essa metodologia é capaz de estimar como e em que dimensão a alteração do espaço urbano impacta no valor das moradias, oferecendo, assim, ferramentas para que possam ser desenhadas políticas públicas que visem o aumento do bem-estar dos indivíduos. Talvez a descoberta mais instigante no trabalho de preços hedônicos durante as últimas décadas tenha sido o crescente interesse e aplicação de técnicas de econometria espacial (Wihelmsson, 2002).

De fato, estimações dos valores dos atributos locais a partir de regressões baseadas no modelo de preços hedônicos tem sido largamente levadas a cabo para diversas localidades em diferentes países (Dubin, 1990; Can, 1992; Benson *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2003; Cohen e Coughlin, 2008; Fuhrer, 2012), inclusive para algumas cidades brasileiras (Macedo e Simões, 1998; Hermann e Haddad, 2005; Dantas, *et al.*, 2007; Pontes *et al.*, 2011), com os resultados, em geral, confirmando a importância dos atributos locais para precificação dos imóveis.

Ao menos três dificuldades, porém, persistem nestas investigações empíricas. Primeiro, regularmente, há dificuldades na obtenção de dados para todas as localidades dos mercados urbanos em análise, o que restringe a análise dos resultados a poucas vizinhanças e impede a incorporação adequada dos efeitos de contágio (*spillovers*) entre as vizinhanças. Uma fragilidade adicional deriva da necessidade de escolha das características ambientais a serem precificadas pelo pesquisador, o que, em geral, tende a ser condicionada pela disponibilidade de informação. Finalmente, a quase totalidade dos trabalhos empíricos não apresentam uma análise adequada dos *spillovers* espaciais associados à dependência espacial no preço dos imóveis vizinhos, para o efeito das variáveis ambientais sobre o valor dos imóveis.

Como mostraram recentemente LeSage e Pace (2009), quando da presença de dependência espacial na variável dependente (preço do imóvel, por exemplo), a influência das variáveis explicativas sobre o valor dos imóveis pode diferir significativamente do valor dos coeficientes estimados nas regressões.

Ciente destas dificuldades, o objetivo do presente estudo é estimar o preço implícito das amenidades e desamenidades urbanas da cidade do Recife, Brasil, informação decisiva para uma melhor compreensão do mercado de habitação e da configuração espacial da cidade. Na verdade, a despeito das características bastante diferenciadas de seus bairros, muito pouco se conhece sobre a importância das amenidades da cidade para valoração dos imóveis no caso do Recife. Situada entre as mais importantes capitais do Nordeste e sendo a sexta maior cidade do Brasil, a cidade é particularmente interessante de ser estudada pois, além de sua configuração claramente monocêntrica, ela possui duas fortes características naturais– o Rio Capibaribe e a Praia de Boa Viagem. Além de vizinhanças com características naturais bem diferenciadas, a cidade também apresenta marcadas diferenciações espaciais com respeito às características sociais. Neste sentido, note-se que Recife é a quinta colocada no ranking de óbito por armas de fogo e está entre as 50 cidades mais violentas do país (Mapa da Violência, 2013). Como mostraram recentemente Menezes *et al.* (2013), tal situação quanto à violência apresenta padrões espaciais bastante diferenciados.

Certamente, tais características da cidade motivaram Dantas *et al.* (2007) em seu pioneiro estudo sobre o valor das amenidades na cidade do Recife. À luz das limitações apontadas acima, contudo, o referido trabalho apresenta algumas limitações. Primeiro, utiliza uma amostra de vendas de imóveis com menos de 250 observações obtidas de um banco público (Caixa Econômica Federal) por serem financiadas pelo mesmo; em segundo lugar, o trabalho considera um número reduzido de variáveis ambientais; por fim, o trabalho deixa de considerar a influência da dependência ou *spillovers* espaciais na interpretação dos resultados encontrados.

No presente trabalho, as dificuldades e limitações acima são substantivamente minimizadas a partir da utilização de uma base de dados obtida junto à Prefeitura da Cidade do Recife (PCR), derivada do ITBI, com 9683 transações imobiliárias residenciais realizadas no ano de 2012, cobrindo cerca de 90% dos bairros da cidade. Além disto, com a consideração de nove distintas características ambientais especificamente associada à cada observação, através de georreferenciamento e cálculo de distâncias, o trabalho procurou incluir um conjunto abrangente de amenidades naturais e sociais presentes na cidade. Ao considerar a dependência espacial e medir os efeitos diretos e indiretos das variáveis, a pesquisa é também pioneira no Brasil na mensuração adequada das influências das amenidades urbanas sobre o valor dos imóveis da cidade do Recife em situação em que a dependência espacial se faz presente através da variável dependente.

Esse artigo está dividido em mais cinco seções, além dessa introdução. A Seção 2 apresenta uma breve revisão dos estudos disponíveis na literatura internacional e nacional sobre a influência das amenidades sobre os valores dos imóveis. Na seção 3 é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa e, na seção 4, é apresentada e discutida a base de dados utilizada na pesquisa. A seção 5 apresenta e discute os resultados da pesquisa. Finalmente, na seção 6, são apresentadas as conclusões da investigação.

## **2. Valor das amenidades urbanas: as evidências disponíveis**

A precificação de amenidades não é novidade na literatura de Economia Urbana. Roback (1982, 1988), buscando suporte para sua teoria de salários compensatórios e a partir da proposta de preços hedônicos de Rosen (1974), certamente figura como uma das pioneiras a explorar empiricamente a importância das características locais sobre os valores dos imóveis das cidades americanas. Após suas investigações iniciais, um grande número de pesquisadores, em diferentes contextos, buscaram evidências empíricas para a influência de diferentes tipos de características locais sobre os valores das residências.

Dubin (1990), Can (1992) e Basu e Thibodeau (1998) são alguns dos artigos seminais que buscaram compreender como os indivíduos atribuem valor às características ambientais. Além desses, outros artigos mais recentes vem tratando do mesmo tema. Benson *et al.* (1998) precificaram os vários tipos de vista existentes em Bellingham, Washington – oceano, lago e montanha. O trabalho de campo

realizado pelos autores permitiu a classificação da qualidade das vistas, sendo um diferencial em relação a outros estudos previamente realizados. Como esperado, os valores dos imóveis aumentam em 8% por uma vista pobre para o oceano a até 58% por uma vista completa para o mar, enquanto propriedades à beira de lagos são valorizadas em mais de 125%.

Seguindo essa linha, Luttik (2000) identificou quais fatores ambientais são atrativos à moradia em oito cidades dos Países Baixos. Com dados de mais de três mil transações de venda e um extenso trabalho de identificação local via mapas e visita às residências, o autor construiu um indicador de localidade. Para tanto, regressou o preço do imóvel sobre suas características intrínsecas ambientais e posteriormente calculou a razão entre o preço estimado e o preço real de venda. Num segundo estágio, o autor utilizou esses indicadores como variáveis explicativas do valor do imóvel. Os resultados mostram que a maior valorização se deu na presença de água nas redondezas do imóvel, mas que espaços abertos e paisagens agradáveis também exercem efeitos positivos no preço da residência.

No caminho oposto, visando precificar desamenidades, Kim *et al.* (2003) mediram os benefícios de se morar em áreas menos poluídas em Seul. Através de uma abordagem espacial de preços hedônicos, os autores mostraram que quanto maior a concentração de SO<sub>2</sub> no ar, menor o preço dos imóveis. Mais tarde, Cohen e Coughlin (2008) utilizaram vários modelos espaciais de preços hedônicos para examinar o impacto do barulho advindo do aeroporto de Atlanta, o segundo maior do mundo em movimentação, no preço das residências. Os resultados mostraram que o valor das residências que são mais afetadas pelo barulho cai em mais de 20% quando comparados àquelas que enfrentam níveis normais de distúrbios sonoros.

Recentemente, Fuhrer (2012) aplicou dois modelos diferentes de preços hedônicos para o Cantão de Zurich a fim de precificar atributos ambientais. O autor concluiu que a distância e visibilidade para algumas amenidades tais como lago, parques e montanhas são importantes para determinar o valor dos aluguéis. As desamenidades também possuem efeito significativo no valor mensal pago pelos moradores, pois os indivíduos estão dispostos a pagar pela redução no barulho advindo de estradas e trilhos de trem. Mais importante, ele destaca que melhoras em determinadas características ambientais podem aumentar o espaço habitado por pessoa e o espraiamento urbano, elevando assim o tempo gasto com *commuting*.

No Brasil, alguns estudos foram conduzidos aplicando a metodologia de preços hedônicos na valoração de amenidades e desamenidades urbanas. Macedo e Simões (1998) é um dos primeiros trabalhos a tratar de amenidades incorporando a questão espacial. Com dados das unidades espaciais de Belo Horizonte, os autores procuram explicar, dentre outras coisas, qual a importância da vizinhança na determinação das características da moradia e de serviços urbanos de cada unidade de planejamento (UP). A importante contribuição dos autores vem com a utilização de outro critério de vizinhança além da contiguidade geográfica, estabelecendo que apenas regiões cujo acesso estivesse a até 60 minutos umas das outras seriam positivamente ponderadas na estimação dos modelos. Os resultados gerais encontrados mostram que a matriz de acessibilidade se aplica melhor ao modelo de serviços, enquanto a matriz de contiguidade se aplica melhor ao modelo de habitação.

Hermann e Haddad (2005) realizam testes para dois tipos de configurações da cidade de São Paulo, monocêntrica e duocêntrica, utilizando em um primeiro momento variáveis explicativas puras e depois fatores capazes de condensar os aspectos ambientais, para diminuir o problema de multicolinearidade. Através de dados da POF para o ano de 1999, os autores concluíram que a proximidade às estações de trem, a presença de áreas verdes e o zoneamento urbano estritamente residencial valorizam o imóvel, enquanto a criminalidade reduz o seu valor. Já Teixeira e Serra (2006) mensuraram a disposição marginal a pagar para residir em locais considerados mais seguros na cidade de Curitiba, coletando os valores de locação dos imóveis através de um jornal eletrônico. Quatro modelos foram estimados através do método de OLS e os autores concluíram que, em geral, o impacto da taxa de roubos e furtos na desvalorização do imóvel é maior do que a de homicídios. A mesma análise foi feita por Pontes *et al.* (2011) para a cidade de Belo Horizonte. Utilizando dados do ITBI de 2004, eles concluíram que uma redução nas taxas de homicídio tem um impacto menor que uma redução na mesma magnitude nas taxas de roubos a transeuntes na valoração imobiliária.

Para a cidade do Recife, Dantas *et al.* (2007) utilizaram dados concedidos pela Caixa Econômica Federal (CEF) para apartamentos vendidos entre os anos de 2000 e 2002, afim de valorar alguns atributos

da cidade. A partir de um modelo OLS, eles concluíram que os imóveis se desvalorizam entre 6% e 8% à medida que se distanciam do parque da Jaqueira e da praia, respectivamente. Os autores encontraram ainda evidências de dependência espacial no preço dos imóveis e, após a estimação de um modelo SAR por máxima verossimilhança, perceberam uma redução dos preços implícitos de certas amenidades.

Como já adiantado, a presente pesquisa se diferencia do trabalho de Dantas *et al.* (2007) em três decisivos aspectos. Primeiro, emprega-se dados do ITBI para o universo de vendas formais imobiliárias ocorridas em Recife em 2012, isto é, mais de nove mil transações, em contraste às menos de 250 observações do trabalho anterior. Segundo, a investigação aqui conduzida abrange um conjunto de amenidades maior e que tradicionalmente são considerados na literatura. Finalmente, além de empregar novas ferramentas de georreferenciamento com respeito a tais amenidades e aos imóveis, a partir do desenvolvimento da econometria espacial, o trabalho emprega novas medidas para mensurar a relevância das variáveis sobre o valor dos imóveis, o que permite a obtenção de medidas mais precisas deste efeitos e influências.

### 3. Estratégia Econométrica

A metodologia utilizada nesse artigo se baseia na modelagem desenvolvida por Rosen (1974), conhecida como regressão hedônica, a partir da qual podem ser estimados os preços implícitos de determinados atributos através de características observáveis. Por ser uma função conjunta que determina o equilíbrio de mercado, tal abordagem não é capaz de identificar individualmente as preferências do consumidor nem a tecnologia de produção do produtor. Assim, para a avaliação de imóveis, podemos considerar que a função hedônica assume a forma  $P = F(H, A, N)$ , onde  $P$ , o valor de mercado da moradia, é função de  $H$ , que designa o conjunto de características estruturais do imóvel, de  $A$ , que representa as amenidades ambientais e de  $N$ , que caracteriza a vizinhança na qual o imóvel está situado.

Há dois problemas tradicionais associados à estimação do modelo de preços hedônicos: a escolha da forma funcional e a heteroscedasticidade do componente estocástico, este último causando distorção na variância dos estimadores e perda de confiabilidade nos testes de hipóteses usuais. Para contornar essas dificuldades, foram empregadas duas estratégias. A primeira delas foi seguir o teste da transformação de Box-Cox<sup>1</sup> e utilizar a especificação semi-log, pois, além de permitir que os coeficientes estimados sejam interpretados como variações percentuais aproximadas, ela causa a redução da variância quando comparada com a especificação linear (Follain e Mapezzi, 1980). Além disso, segundo Cropper *et al.* (1988), caso algum atributo importante tenha sido omitido na definição da função hedônica, essa especificação apresenta resultados mais precisos. A segunda técnica foi a utilização do estimador HCO sugerido por White (1980) para obter resultados robustos à heteroscedasticidade.

Após a estimação por OLS da função de preços hedônicos, é preciso saber se há algum tipo de dependência espacial no objeto de estudo, isto é, se o valor de um imóvel está correlacionado com o de outras propriedades da região. A descon sideração de efeitos espaciais na análise pode levar à perda de eficiência nas estimações e a resultados viesados. A fim de detectar a presença *clusters* no arranjo espacial de uma dada variável, é preciso calcular o índice de Moran (Moran, 1950). Sendo confirmada a presença de efeitos espaciais, é preciso modelar essa dependência.

LeSage (1999) discorre sobre os métodos de modelagem de dependência espacial, conhecidos na literatura como *Spatial Autoregressive Models*. O modelo mais simples, chamado de *Spatial Autoregressive Lag Model (SAR)*, insere o termo de defasagem espacial na variável dependente, isto é,  $y = \rho W_1 y + X\beta + \varepsilon$ , onde  $\rho$  é o coeficiente que captura as interações espaciais,  $W_1$  é a matriz de pesos espaciais escolhida e  $X$  é o vetor contendo as variáveis explanatórias da função hedônica. O  $\rho$  tem por objetivo mensurar esses *spillovers* espaciais e sua não significância implica a volta ao modelo OLS. É plausível também admitir que a dependência espacial está presente tanto na variável dependente quanto no termo de erro, isto é, o valor de um imóvel estaria relacionado não só com o valor do imóvel vizinho, mas também com as características do vizinho que não são captadas pelo modelo especificado. A esse modelo dá-se o nome de *Spatial Mixed Regressive Autoregressive Complete (SAC)*, cuja forma funcional

---

<sup>1</sup> Apesar do valor de lambda que maximiza a verossimilhança do modelo escolhido ser 0.22, utilizou-se sem perda de generalidade  $\lambda=0$ , dada às dificuldades de interpretação advindas com esse tipo de transformação da variável dependente.

é dada por  $y = \rho W_1 y + X\beta + \varepsilon$ ,  $\varepsilon = \lambda W_2 \varepsilon + u$ . Quando a matriz  $W_1$  é igual à matriz  $W_2$ , o modelo recebe o nome de *Spatial Autoregressive Moving Average Model (SARMA)*. Por simplicidade, os dois modelos serão denominados de SAC.

A endogeneidade gerada pelo termo defasado espacial faz com que os modelos SAR e SAC não possam ser estimados via OLS, uma vez que seus estimadores seriam viesados. Para contornar esse problema, esses modelos são comumente estimados por máxima verossimilhança (ML), que faz uso de métodos iterativos para maximização da função, pois seus parâmetros não possuem forma fechada. Entretanto, devido à não-normalidade dos resíduos<sup>2</sup> e ao grande número de observações da base de dados utilizada, esse trabalho aplica as técnicas de variável instrumental e método dos momentos para estimação dos modelos, sugeridas por Kelejian e Prucha, (1998; 1999) e denominadas respectivamente de *spatial two-stages least squares (STLS)* e *generalized spatial two-stages least squares (GSTLS)*. Além da conveniência computacional, em ambos os casos não é necessária a hipótese de normalidade dos resíduos e é possível permitir versões robustas das estimações, ao contrário do estimador de ML. Apesar de não estimar o coeficiente de correlação espacial nos resíduos, as estimativas dos parâmetros são consistentes, não viesadas e assintoticamente normais mesmo na presença de erros autocorrelacionados espacialmente (Tyszler, 2006).

Para avaliar a autocorrelação espacial nos modelos definidos acima, é preciso criar uma medida capaz de mensurar o vínculo existente entre duas ou mais observações afim de construir a matriz de pesos espaciais,  $W$ . Como já explicitado previamente, a unidade de estudo nesse trabalho é a mais particionada possível – o imóvel *per se* – de modo que não cabe a aplicação das tradicionais matrizes *queen* e *rook* na sua forma estrita. Devido à falta de fundamentação teórica, optou-se também por não trabalhar com a matriz de  $k$ -vizinhos mais próximos (Anselin, 2002). Por conseguinte, nesse estudo foi utilizada a matriz de distância, que considera vizinhos apenas as observações situadas dentro de um raio pré-definido. Seguindo a literatura recente acerca do tema que está propondo raios para ponderação de vizinhos cada vez menores (Gerardi *et al*, 2012, Campbell *et al*, 2009), optou-se por trabalhar com a matriz onde considera vizinhas todas as todas as propriedades situadas dentro de um raio de 1.5 km (1 *mile*) do imóvel. É importante frisar que Recife tem barreiras físicas muito marcantes, como o Rio Capibaribe, o que faz com que bairros geograficamente vizinhos estejam desconectados, criando em alguns casos grandes disparidades socioeconômicas.

Diferente de um modelo clássico de regressão linear no qual os coeficientes são interpretados como derivadas parciais em relação à variável dependente, os estimadores dos modelos SAR e SAC possuem uma interpretação mais elaborada devido a presença dos *spillovers* espaciais. Sendo assim, é preciso desmembrá-los em impactos diretos, indiretos e totais (as derivadas podem ser encontradas em LeSage e Pace, 2009). O **impacto direto** é uma medida sintética que captura a média dos efeitos da observação  $i$  sobre ela mesma (derivada parcial de  $y_i$  em relação a  $x_i$ ) e é dada pelo traço da diagonal principal de  $S_r(W)$ , ou seja,  $\overline{M}(r)_d = n^{-1} tr(S_r(W))$ , onde  $S_r(W) = (I_n - \rho W)^{-1} I_n \beta_r$  e  $n$  é o número de observações. Essa medida deve ser interpretada de forma similar aos coeficientes de um modelo OLS, uma vez que representa a resposta média da variável dependente em relação às independentes. Já o **impacto total** mede o efeito médio de todas as observações  $j$  incorporadas na matriz de vizinhança sobre a observação  $i$ , incluído seu próprio efeito (derivadas parciais de  $y_i$  em relação a  $x_j$  para todo  $i, j$ ). É dado por  $\overline{M}(r)_t = n^{-1} l_n' S_r(W) l_n$ , onde  $l_n$  é um vetor coluna unitário. Por fim, o **impacto indireto** mensura a influência média das observações vizinhas sobre a observação  $i$  (derivada parcial de  $y_i$  em relação a  $x_j$  para todo  $i \neq j$ ). Matematicamente é dado pela diferença entre os efeitos total e direto, isto é  $\overline{M}(r)_i = \overline{M}(r)_t - \overline{M}(r)_d$ .

Uma crítica recorrente à utilização dos modelos espaciais é a da volatilidade dos resultados em relação à escolha da matriz de ponderação. Entretanto, tal parecer é muitas vezes baseado em interpretações errôneas dos resultados obtidos nas estimações dos modelos SAR e SAC. Modelos diferindo apenas na matriz de peso espacial podem apresentar valores diferentes de  $\rho$  e  $\beta$ , mas, para grandes amostras, eles devem reportar medidas de impacto semelhantes caso não haja má especificação do modelo (LeSage e Pace, 2012). Desse modo, esse artigo se preocupa em explorar os efeitos médios

<sup>2</sup> Estatística do teste de Jarque-Bera= 21989.8; df = 2; P-valor < 2.2e-16

totais das variáveis ambientais sobre o valor dos imóveis da cidade, que são reproduzidos na próxima seção.

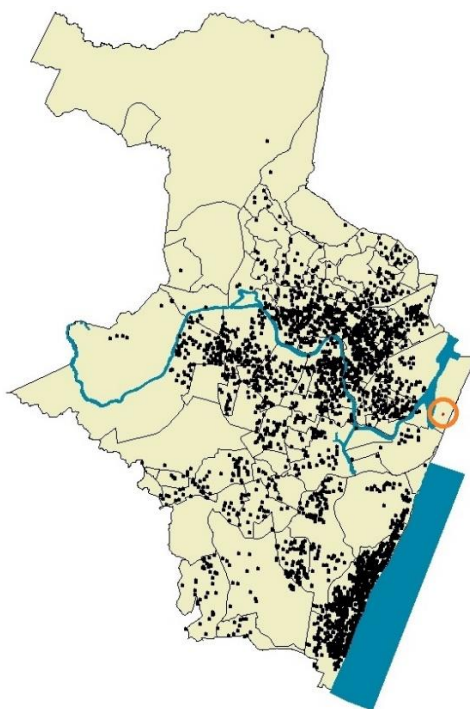
#### 4. Dados e Análise Descritiva

Um problema comum na definição da função de preços é a escolha das variáveis explicativas que devem compô-la. Sirmans *et al* (2005) fazem um extenso apanhado bibliográfico com os principais trabalhos internacionais acerca do tema, listando os atributos que são recorrentes na literatura. Idade, metragem quadrada, tamanho do lote e presença de vaga de garagem são as características físicas do imóvel mais citadas nos trabalhos, assim como vista para o mar, distância ao centro e criminalidade são as mais frequentemente usadas para captar o efeito do meio ambiente e da vizinhança. Assim, para a elaboração desse trabalho foram utilizados três conjuntos de dados: o ITBI, *shapefiles* representativos das amenidades da cidade e a base de Crimes Violentos Letais e Intencionais (CVLI).

A base de dados do ITBI, fornecida pela PCR, contém 9683 transações imobiliárias residenciais realizadas no ano de 2012 em Recife e abrange cerca de 90% dos bairros da cidade. O ITBI é o imposto sobre a transmissão de bens imóveis ou de direitos reais sobre imóveis, por ato oneroso entre vivos. Trata-se de um tributo atribuído aos municípios pela Constituição da República (art. 156, II) e seu pagamento é condição indispensável para o registro no cartório de um imóvel adquirido. Em Recife, o imposto consiste em uma alíquota de 2% no valor de mercado da propriedade, avaliada pelos auditores da Secretaria de Finanças a pedido do contribuinte com base em critérios técnicos estabelecidos nas normas da ABNT. Não havendo a fiscalização, a referência para o cálculo do imposto é o maior valor entre o declarado pelo contribuinte e o de imóveis com características estruturais semelhantes que tenham sido negociados nos últimos de 3 meses na mesma localização. Durante o registro em cartório são colhidas informações detalhadas sobre características estruturais de cada imóvel.

Ainda pouco utilizados na literatura, o uso desses dados traz algumas vantagens à pesquisa. Por se tratar do universo de transações registradas em cartório, a quantidade e diversidade de informações disponíveis costuma ser bem maior que a conseguida por outras fontes, abrangendo quase toda a cidade. Além disso, os preços contidos nesse conjunto de dados tendem a ser mais próximos dos valores de fato transacionados, uma vez que a subavaliação é economicamente desestimulada devido a cobrança de um imposto sobre o ganho com valorização em caso de venda futura do imóvel, e a sobreavaliação traz prejuízos ao comprador, pois será pago um valor mais alto de IPTU. Isso mostra que os valores dos imóveis registrados na base do ITBI são tão bons ou ainda mais próximos do valor de mercado que aqueles do IPTU, já que são mais atuais e sujeitos a maior fiscalização dos agentes envolvidos e são melhores que aqueles de oferta (anúncios no jornal, por exemplo) uma vez que também refletem o lado da demanda. Uma limitação na utilização dessa base de dados é sua abrangência restrita ao mercado formal, que acaba por não representar de maneira adequada a população de mais baixa renda (Aguiar e Simões, 2012).

Para elaboração desse trabalho foi fundamental o georreferenciamento de cada um dos imóveis contidos na base de dados, procedimento esse que consistiu em localizar no espaço todos esses pontos através de sua latitude e longitude. Toda transação de venda da base de dados do ITBI contém o endereço do imóvel e a ele foi atribuído um par de coordenadas geográficas no sistema geodésico GWS84, que posteriormente foi projetado para sistema de projeção utilizado pela Prefeitura da Cidade do Recife. A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos 9683 imóveis vendidos em Recife no ano de 2012. A área destacada em vermelho indica a localização do *central business district* da cidade. É possível notar que há uma forte aglomeração das vendas na Zona Sul da cidade, especialmente no bairro de Boa Viagem, que concentra a maior parte das transações, com 2324 imóveis comercializados. Na Zona Oeste, destaca-se o bairro da Madalena, com 566 imóveis vendidos. Os bairros da Zona Norte que margeiam o Rio Capibaribe representam juntos 20,5% das vendas do período em questão.



**Figura 1 – Distribuição espacial dos imóveis vendidos em 2012**

Fonte: Elaborado pela autora baseado no georreferenciamento da base do ITBI

Desse modo, foram retirados da base de dados do ITBI, além do valor dos imóveis, as seguintes características estruturais dos mesmos: área construída (*areaconst*), tipo de imóvel (*apt*) – 1 indica que é um apartamento, 0 que é uma casa – andar em que ele se situa (*andar*), quantidade de pavimentos (*pavimentos*) e de unidades (*unidades*) no edifício, padrão de construção (*padrao*) e idade (*idade*).

Para construção das variáveis relativas ao ambiente e à vizinhança foi preciso também localizar no mapa os atributos físicos da cidade. Esse método residiu em delimitar espacialmente a área do Rio Capibaribe, da orla de Brasília Teimosa, Pina e Boa Viagem (aqui denominada genericamente de “Praia de Boa Viagem”), das praças e parques escolhidos e das ZEIS, através da manipulação dos *shapefiles* fornecidos pela PCR no *software* ArcGIS 10.2. No caso das estações de metrô e integrações de ônibus da cidade, foi necessário mapeá-las manualmente, pois não foi disponibilizado pelo Governo do Estado o *shapefile* do sistema de transporte público da cidade. Tendo feito isso, foi possível calcular a distância euclidiana de cada imóvel para todas as amenidades urbanas supracitadas e adicioná-las com variáveis explicativas no modelo hedônico.

Assim, para captar o efeito do ambiente na formação de preços dos imóveis foram escolhidos os seguintes atributos: imóvel possui vista para o mar (*vistamar*), imóvel está localizado a beira-rio (*beirario*), distância à praia (*dist\_praia*), distância ao Rio Capibaribe (*dist\_rio*) e distância ao parque ou praça mais próximo (*dist\_parq*).

Definiu-se que possuem vista para o mar aqueles imóveis cuja varanda ou janela da sala são contemplados com uma vista desobstruída para o oceano. Analogamente, estão à beira-rio aqueles em que não há qualquer tipo de construção entre o imóvel e o Rio Capibaribe. Enquanto a primeira variável tenta assimilar primordialmente a beleza do cenário, a segunda busca captar as vantagens da plena e definitiva circulação de ar. Essas duas variáveis foram construídas a partir de um extenso trabalho manual. Para vista ao mar, foi necessário fazer um trabalho de campo que constituiu em realizar uma visita a todos os imóveis da base que se encontravam no quarteirão contíguo à praia, incluídas as ruas paralelas e transversais à avenida localizada a beira-mar. Tal pesquisa precisou ser feita devido à existência de apartamentos cuja varanda encontra-se virada para outros locais que não o calçadão. Isso acontece quando o prédio possui mais que um apartamento por andar, sendo mais frequente quando existem mais de dois imóveis por pavimento.

Para a variável *beirario* foram selecionadas *a priori*, via *Google Maps*, todas as ruas da cidade que estavam nos arrabaldes do Rio Capibaribe. Depois, no *software* ArcGis 10.2, foram sobrepostos os



*shapefiles* de lotes e logradouros do Recife nas imagens de satélite fornecidas pelo *Google* (2012) e assim, rua por rua, foram sendo identificados os números dos lotes que estavam nas proximidades do rio e não tinham outras propriedades à sua frente. Por fim, tendo anotado todos os endereços de imóveis que poderiam ser classificados como estando à beira-rio, foi possível identificar na base do ITBI quais deles haviam sido transacionados naquele ano.

Por fim, os parques considerados tiveram como critério de seleção aspectos que vão além do conforto proporcionado pela arborização e beleza arquitetônica. Prezou-se por selecionar aqueles que são frequentados primordialmente com a finalidade de exercer atividades de lazer, tais como caminhadas, prática de atividades esportivas e recreação infantil. Por essa razão, das praças e parques do Recife foram escolhidos apenas a Praça de Casa Forte, o Parque da Jaqueira e o Parque Dona Lindu.

Caracterizando a vizinhança e a localização, foram incluídas na base de dados variáveis que medem distância ao centro de negócios (*dist\_centro*), distância à ZEIS mais próxima (*dist\_zeis*), distância à estação de metrô ou integração de ônibus mais próxima (*dist\_metro*) e número de homicídios ocorridos dentro de um raio de 1.5 km do imóvel (*crime\_15*). Optou-se ainda por inserir a variável de distância ao centro ao quadrado (*dist\_centro2*) para tentar capturar um efeito cada vez mais comum nos grandes centros urbanos de configuração monocêntrica. Se por um lado a proximidade ao centro implica menor tempo gasto com deslocamento ao trabalho, residir nos subúrbios pode significar uma vizinhança mais silenciosa e segura. Sendo assim, é possível que o distanciamento do centro provoque uma queda no preço das construções que já se encontram um pouco mais afastadas do mesmo, e quando consideradas apenas aquelas edificações instaladas nos arredores do CBD, seja menos dispendiosa a compra de uma casa ou apartamento um pouco mais perto do centro (McDonald e McMillen, 2010).

Além dos aspectos históricos, evidências empíricas corroboram com a escolha do Marco Zero (Praça Rio Branco) como epicentro comercial. A RPA 1, região político-administrativa onde fica localizado o Marco Zero, figura como a região economicamente mais importante do Recife tanto em função da presença do centro administrativo municipal e estadual, representados respectivamente pela PCR e pelo Palácio do Governo, quanto por causa da concentração de empresas dos setores de saúde, bancário e de tecnologia.

A Tabela 1 apresenta a razão entre o número de residentes e o número de empresas para cada RPA da cidade. As bases são da EMPREL para o ano de 2013 e do CENSO 2010, obtidos com a Secretaria de Finanças da Cidade do Recife e com o IBGE, respectivamente. Os dados mostram que a RPA 1 possui a menor quantidade de residentes por empresa instalada na região, seguida da RPA 6, cuja razão é quase cinco vezes maior. Além disso, dados da PCR para o ano de 2009 mostram que a RPA 1 concentra 43.26% da arrecadação do ISS (Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza) da cidade do Recife, mesmo cobrando uma taxa inferior a das outras cinco regiões (2% em contraste aos 5% das outras RPAs). Em conjunto, as evidências sugerem que a formação de renda é maior na RPA 1 do que nas outras RPAs, o que justifica a classificação da região como centro comercial.

**Tabela 1 - Razão entre o número de empresas e o número de residentes por RPA**

	População residente	Número de empresas	Nº de empresas/1000 hab
RPA 1	78114	25337	324.35
RPA 2	221234	6188	27.97
RPA 3	312909	13264	42.38
RPA 4	278947	11322	40.58
RPA 5	263778	9426	35.73
RPA 6	382650	24865	64.98

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da EMPREL para 2013 e do CENSO 2010 (PCR/IBGE)

As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são comunidades que ganharam certa notoriedade no contexto urbano e por isso foram reconhecidas pela Prefeitura como tanto. Apesar de toda ZEIS ser composta por uma ou mais área pobre, nem todas as áreas pobres se beneficiam do respaldo legal de garantia de permanência dos moradores no local, uma vez que é preciso cumprir alguns critérios se classificar como ZEIS, tais como população com renda familiar média igual ou inferior a 3 salários

mínimos, carência ou ausência de serviços de infraestrutura básica, densidade não inferior a 30 residências/hectare, entre outros.

O MetroRec possui 39.5 km de extensão e liga os municípios da Região Metropolitana do Recife até a capital. De todo o complexo ferroviário, Recife conta com 18 estações de metrô, sendo 6 na linha Sul e 9 na linha Centro, que se conectam nas estações Joana Bezerra e Estação Central do Recife, esta última sendo o terminal e localizada no centro da cidade. Dessas 17 estações, 7 delas fazem integração com o Sistema Estrutural Integrado (SEI), permitindo ao usuário a troca de linha sem pagar nova tarifa. Afora esses Terminais de Integração que possibilitam a conexão com o metrô/ônibus, mais dois terminais foram considerados, a saber o da Macaxeira e o da Caxangá, exclusivos para ligação entre ônibus, abrangendo assim a totalidade de terminais de integração do SEI na cidade. É importante frisar que toda malha de transporte urbano da cidade é de superfície, inclusive os trilhos do metrô, o que pode trazer um incômodo aos moradores da região devido ao barulho gerado pelo constante fluxo de trens e passageiros.

Finalmente, o banco de dados do CVLI, disponibilizado pela Secretaria de Defesa Social de Pernambuco e já georreferenciado, contém informações a nível individual acerca do número de homicídios ocorrido na cidade do Recife entre julho de 2008 e agosto de 2010 e abarca todo tipo de morte – homicídio, latrocínio, lesões corporais seguidas de mortes – com as mais diversas motivações – passional, reação a assalto, vingança, drogas, bala perdida, entre outras. Durante o período em questão ocorreram 1.657 crimes distribuídos de forma não homogênea por todos os 94 bairros da cidade. Aqui, o procedimento para construção da variável relativa à criminalidade foi um pouco diferente, uma vez que não foi computada a distância ao crime mais próximo, e sim o número de homicídios ocorridos dentro de um raio predeterminado. Utilizando novamente o *software* ArcGis 10.2, criou-se um *buffer* de 1.5km para cada imóvel georreferenciado e em seguida, sobrepondo o *shapefile* oriundo da base de dados do CVLI sobre esses *buffers*, contou-se quantas ocorrências de homicídio pertenciam à interseção entre eles.

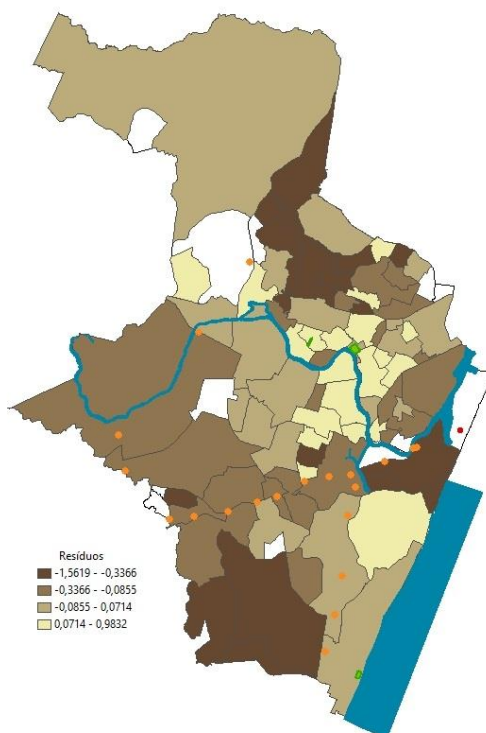
Além dos aspectos urbanos que dão respaldo à escolha de algumas das amenidades consideradas na precificação imobiliária, foi elaborado um mapa de quantis para os resíduos de um modelo OLS preliminar (Figura 2), visando identificar as possíveis características geográficas capazes de influir no valor dos imóveis. Nele, o preço do imóvel foi regredido apenas sobre suas características intrínsecas e os resíduos mostram se o mercado está sub ou super avaliando a propriedade. A motivação por trás disso é perceber se essa diferença entre preço estimado e preço real pode ser associada às características ambientais.

Para facilitar a análise, foram inseridas nessa figura a localização de algumas amenidades: os parques supracitados (em verde), as estações de metrô e/ou integrações de ônibus (em laranja), o Rio Capibaribe e a Praia de Boa Viagem (ambos em azul) e o centro de negócios (em vermelho). As áreas mais claras do mapa representam os bairros com resíduos positivos, ou seja, aqueles locais cujo valor médio das propriedades, dadas as suas características estruturais, ultrapassam o esperado. Nas figuras 3 e 4 estão apresentados o mapa de quantis para o número de homicídios ocorridos na cidade entre 2008 e 2010 (por bairro) e a distribuição das ZEIS da cidade do Recife.

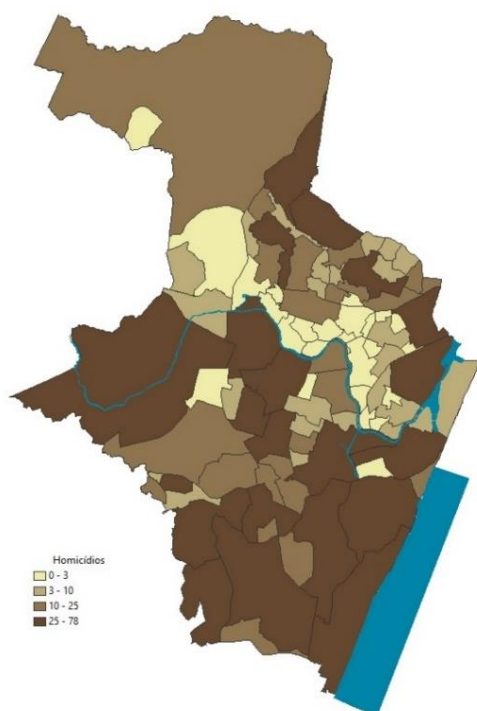
A partir da comparação das informações apresentadas a partir das Figuras 2, 3 e 4, pode-se perceber que os bairros situados mais próximos ao centro expandido (RPA 1) estão nos quantis mais elevados, havendo dois "*clusters*" de resíduos positivos: um na zona sul, puxado pelo Pina, e outro na zona noroeste, indo do Parnamirim até a Madalena/Graças. A praia e a criminalidade emolduram o primeiro conglomerado de bairros enquanto no segundo grupo fica clara a presença do rio e de praças, bem como da baixa violência. Essas evidências visuais já dão indícios de que a localização em relação à praia importa, bem como em relação ao Rio Capibaribe.

É possível perceber, ainda, que não há estações de metrô ou integrações de ônibus localizadas em bairros com resíduos positivos, sugerindo que esse fator de acessibilidade pode ser considerado uma desamenidade para o recifense ou não apresenta relevância para o mesmo. Além disso, grande parte dos bairros mais violentos se encontram na zona Sul e Oeste da cidade, enquanto os bairros contíguos à margem leste do Rio Capibaribe formam uma espécie de "corredor seguro", tendo ocorrido em cada um deles no máximo três homicídios durante dois anos. Vale notar ainda que nesse corredor, do bairro do Poço da Panela até as Graças, não há cadastro de nenhuma das várias ZEIS da cidade. Enquanto isso, a

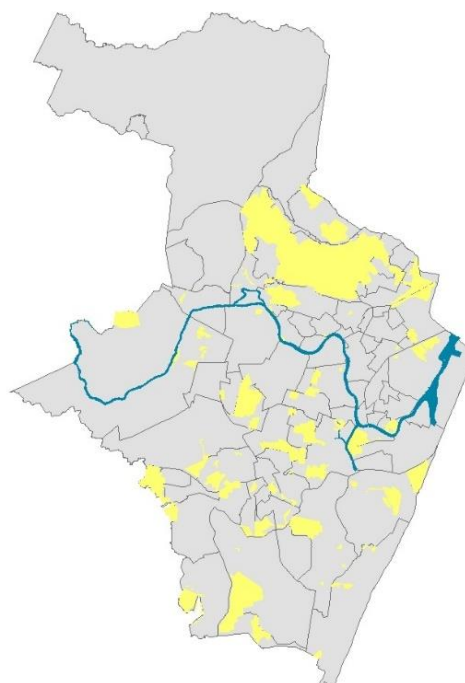
região que possui resíduos mais negativos da zona norte se encontra bem distante ao rio e está tomado pela presença de ZEIS, como pode ser observado na Figura 4.



**Figura 2 – Mapa de quantis para os resíduos do modelo OLS**



**Figura 3 – Mapa de quantis para o número de homicídios por bairro**



**Figura 4 – Localização das ZEIS**

Fonte: Elaborado pela autora baseado nos atributos e nos *shapefiles* fornecidos pela PCR

Obs: Os bairros em branco na Figura 2 não tiveram vendas de imóveis no período em questão.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que foram utilizadas no modelo empírico, cada uma com 9.683 observações correspondentes a quantidade total de imóveis residenciais

transacionados na cidade em 2012. Foram retiradas da base todas as vendas que não fossem de casas ou apartamentos, tais como salas comerciais, galpões, terrenos, entre outras. As unidades de medida das variáveis estruturais são: área construída (*areaconst*) em metros quadrados; idade (*idade*) em anos e padrão de construção (*padrao*) é uma variável categórica que assume valores 1, 2 e 3, significando baixo, médio e alto padrão. Para as variáveis ambientais, todas as distâncias são do tipo euclidianas e estão apresentadas em quilômetros, enquanto a variável de criminalidade (*crime\_15*) conta o número absoluto de assassinatos ocorridos dentro do raio de 1.5km do imóvel. As três variáveis *dummy* – *apt*, *vistamar* e *beirario* – representam a proporção de imóveis vendidos que são apartamentos, que possuem vista para o mar e estão à beira-rio, respectivamente.

**Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis estruturais ambientais**

Variável	Média	Desvio P.	Mínimo	Máximo
<b>Estruturais</b>				
andar	7.132	7.023	0	39
areaconst (m2)	130.319	80.204	13.4	1333.96
pavimentos	15.345	10.653	1	51
unidades	53.282	50.423	1	465
idade (anos)	14.208	16.458	0	73
apartamento/casa (apartamento = 1)	0.892	0.310	0	1
padrão (baixo =1, médio =2, alto =3)	2.186	0.755	1	3
<b>Ambientais</b>				
vistamar (sim = 1)	0.051	0.220	0	1
beirario (sim = 1)	0.013	0.117	0	1
dist_centro (km)	6.087	2.115	0.834	15.190
dist_praia (km)	4.061	2.822	0.035	16.466
dist_rio (km)	2.345	1.847	0.010	9.407
dist_parq (km)	2.494	1.826	0.001	10.653
dist_metro (km)	2.155	1.305	0.032	8.030
dist_zeis (km)	0.450	0.286	0	5.604
crime_15 (homicídios)	61.377	24.835	4	152
Total de observações:	9683			

Fonte: Elaborado pela autora com base nos *shapefiles* das amenidades, dados do ITBI e do CVLI (PCR/SDS-PE)

Os imóveis vendidos em 2012 tem, em média, uma área construída de 130m<sup>2</sup> e foram erguidos há cerca de 14 anos. Os edifícios da cidade, que abarcam a maior parcela de vendas (apenas 11% dos imóveis residenciais vendidos em 2012 foram casas) possuem em torno de 15 pavimentos e 53 apartamentos no total, que estão localizados, em média, no sétimo andar. Quanto às amenidades, 5% das propriedades vendidas em 2012 têm vista para o mar e apenas 1% está localizada na margem do Rio Capibaribe. Em média, os apartamentos estão a 6 km de distância do CBD, a 4 km da praia, a 2.3 km do Rio Capibaribe, 2.4 km da praça ou parque mais próximo, a 2.15 km da estação de metrô ou ponto de integração de ônibus mais próximo e a 500 metros da ZEIS mais próxima. Finalmente, dentro de um raio de 1.5 km de cada propriedade ocorreram cerca de 61 homicídios.

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação para as variáveis ambientais definidas anteriormente. É possível inferir que há uma forte correlação entre distanciamento do Rio Capibaribe e do CBD, na verdade, uma característica associada ao desenvolvimento urbano e à história da cidade, indicando que quanto mais longes os imóveis vendidos estão do rio, mais longe eles estão do centro comercial. Por outro lado, o afastamento dos imóveis do rio indica uma aproximação da praia, como comprova o coeficiente negativo de correlação entre as variáveis *dist\_rio* e *dist\_praia*. Essa correlação sugere o *tradeoff* enfrentado pelo indivíduo entre morar próximo à praia ou ao rio.

**Tabela 3 – Matriz de correlação para as variáveis ambientais**

	Dist_centro	Dist_praia	Dist_rio	Dist_parq	Dist_metro	Dist_zeis	Crime_15	Vistamar	Beirario
dist_centro	1								
dist_praia	0.134	1							
dist_rio	<b>0.671</b>	<b>-0.536</b>	1						
dist_parq	0.179	-0.001	0.215	1					
dist_metro	<b>-0.464</b>	0.356	<b>-0.519</b>	<b>-0.457</b>	1				
dist_zeis	-0.018	<b>-0.242</b>	<b>0.182</b>	<b>-0.268</b>	0.008	1			
crime_15	-0.023	<b>0.319</b>	-0.129	0.102	0.090	<b>-0.370</b>	1		
vistamar	0.007	<b>-0.320</b>	<b>0.204</b>	0.066	-0.024	0.192	<b>-0.245</b>	1	
beirario	-0.131	0.011	-0.144	-0.032	0.007	-0.031	-0.013	-0.027	1

Fonte: Elaborado pela autora com base nos shapefiles das amenidades, dados do ITBI e do CVLI (PCR/SDS-PE)

Como esperado, imóveis com vista ao mar estão localizados mais próximos da praia e possuem uma vizinhança mais segura, enquanto as redondezas daqueles mais afastados da praia são mais violentas. O sinal negativo do coeficiente de correlação entre distância ao metrô e distância ao rio/distância ao parque evidencia que os imóveis negociados mais próximos de uma estação de metrô/integração de ônibus estão necessariamente mais longes dessas duas amenidades. É interessante notar, ainda, que essa relação se mantém quando trata-se de distância ao centro, dando evidências de que os pontos de integração de meios de transporte público estão afastados do CBD e mais pertos da praia, como revela o valor positivo da correlação entre distância da praia e distância do metrô.

A presença das ZEIS, que estão espalhadas por toda a cidade, guarda uma relação ambígua com a distância às amenidades citadinas. Se, por um lado, essa ligação se dá de maneira positiva com o distanciamento de parques e da praia, ela ocorre de forma oposta com afastamento do rio, isto é, os imóveis transacionados mais próximos a uma zona especial de interesse social estão, em média, mais próximos ao Rio Capibaribe.

## 5. Influência da amenidades no valor das residências na Cidade do Recife: resultados

A Tabela 4 reporta o resultado das estimações para o modelo OLS e para os modelos SAR e SAC, todos robustos à heteroscedasticidade e com o logaritmo do valor da propriedade como variável dependente. A estatística do I de Moran (Estatística do teste: 0.05322; p-valor: < 2.2e-16) sugere que a matriz de peso captura bem a relação espacial do modelo de preços hedônicos. Assim, os modelos de SAR e SAC foram estimados via STSLS e GSTSLS, respectivamente. Vale lembrar que o foco desse artigo é a interpretação das medidas de impacto, reportadas na Tabela 5, como sugerido por LeSage e Pace (2009).

**Tabela 4 – Resultados das estimações dos modelos – Variável dependente é o logaritmo do valor do imóvel**

	OLS	SAR	SAC
Intercepto	11.621** (0.074)	7.407* (0.870)	9.484** (1.099)
andar	0.007** (0.0006)	0.008** (0.0006)	0.008** (0.0006)
areaconst	0.004** (0.0002)	0.004** (0.0001)	0.004** (0.0002)
pavimentos	0.016** (0.001)	0.015** (0.0009)	0.017** (0.0009)
unidades	-0.002** (0.0002)	-0.002** (0.0001)	-0.002** (0.0002)
idade	-0.003** (0.0005)	-0.003** (0.0005)	-0.003** (0.0005)
apto	-0.258** (0.023)	-0.283** (0.022)	-0.294** (0.022)
padrao	0.170** (0.011)	0.154** (0.0119)	0.154** (0.011)
vistamar	0.131** (0.025)	0.136** (0.028)	0.125** (0.026)
beirario	-0.072 (0.044)	-0.012 (0.043)	-0.011 (0.042)
dist_centro	0.178** (0.022)	0.095** (0.017)	0.079** (0.017)
dist_centro2	-0.011** (0.002)	-0.006** (0.001)	-0.004** (0.001)
dist_praia	-0.075** (0.006)	-0.030** (0.011)	-0.048** (0.011)
dist_rio	-0.101** (0.009)	-0.052** (0.013)	-0.066** (0.013)
dist_parq	-0.021** (0.003)	0.0004 (0.003)	-0.012* (0.005)
dist_metro	0.039** (0.007)	0.012 (0.013)	0.027* (0.013)
dist_zeis	0.044* (0.022)	0.105** (0.030)	0.078** (0.020)
crime_15	-0.002** (0.0002)	-0.001** (0.0002)	-0.001** (0.0003)
<i>Rho</i>	-	<b>0.337**</b> (0.072)	<b>0.182*</b> (0.088)
<i>Lambda</i>	-	-	0.583

Fonte: Elaborado pela autora. \*\* Significante a 1%; \* Significante a 5% - Desvio-padrão entre parênteses.

Em relação aos modelos espaciais, o parâmetro  $\rho$ , que representa a mudança no valor de um dado imóvel como resultado da variação unitária no preço dos imóveis vizinhos, se mostra significativo tanto no modelo SAR quanto no SAC, corroborando com o resultado obtido no teste de Moran. Também esperado, o coeficiente de defasagem espacial do  $W_y$  apresenta menor valor no modelo SAC quando comparado ao modelo SAR, uma vez que nesse primeiro também é inserida a dependência espacial em componentes não observados. Ambos os modelos produzem estimativas semelhantes para as características dos imóveis ao passo que, no tocante às variáveis de vizinhança, esses coeficientes apresentam maior volatilidade, com valores mais elevados (em módulo) para grande parte das amenidades e desamenidades no segundo modelo.

Os resultados gerais são os mesmos do modelo OLS, com o distanciamento de estações de metrô, das ZEIS e do centro afetando positivamente o preço da habitação e o afastamento em relação à praia e ao rio influenciando negativamente o valor de imóveis. Tanto no modelo SAR quanto no SAC a variável

*beirario* não se mostra estatisticamente significativa. Apesar de positivo no modelo SAR, o coeficiente de distância à praça/parque também não se mostra significativo, assim como a distância ao metrô, não tendo, por conseguinte, impactos relevantes.

Seguindo LeSage e Pace (2009), optou-se por utilizar apenas a especificação SAC para reportar as medidas de impacto apresentadas na Seção 3, pois ela não apresentará estimativas viesadas caso o processo gerador de dados verdadeiro seja um modelo SAR, o contrário não sendo verdadeiro. A significância dos efeitos totais é importante para que um efeito nulo (direto ou indireto) não invalide um efeito significativo (direto ou indireto). Uma vez que o valor das propriedades está loglinearizado e as variáveis explicativas são todas apresentadas em nível, os efeitos médios podem ser interpretados como semi-elasticidades. A Tabela 5 apresentada a seguir exhibe os resultados.

**Tabela 5 – Medidas de impacto para o modelo SAC**

	Direto	Indireto	Total
andar	0.008**	0.002	0.010**
areaconst	0.004**	0.001	0.005**
pavimentos	0.017**	0.004	0.021**
unidades	-0.002**	0.0004	-0.002**
idade	-0.003**	-0.001	-0.004**
apto	-0.294**	-0.066	-0.360**
padrao	0.154**	0.034	0.188**
vistamar	0.125**	0.028	0.153**
beirario	-0.011	-0.003	-0.014
dist_centro	0.079**	0.018	0.097**
dist_centro2	-0.004**	-0.001	-0.005**
dist_praia	-0.048**	-0.011*	-0.059**
dist_rio	-0.066**	-0.015*	-0.081**
dist_parq	-0.012*	-0.003	-0.015**
dist_metro	0.027*	0.006	0.033*
dist_zeis	0.078**	0.017	0.095**
crime_15	-0.001**	-0.0003	-0.002**

Fonte: Elaborado pela autora \*\* Significante a 1%; \* Significante a 5%

Em relação às características estruturais, todas as variáveis são fortemente significantes para explicar o preço dos imóveis. Em particular, elas revelam que há um aumento 1% no valor do apartamento para cada andar mais alto em que ele se encontra, bem como um acréscimo de 2.1% para cada pavimento a mais que o edifício possui. A preferência por residir em andares mais elevados dos edifícios pode estar ligada, entre outras coisas, ao clima. O alto grau de verticalização de alguns bairros da cidade pode impedir a livre circulação de ar, o que acaba elevando a sensação térmica dentro das residências. Quanto mais alto estiver o imóvel, maior a chance de não ter outros imóveis impedindo a circulação de ar, além das benéficas ligadas à vista. No segundo caso, é possível que edifícios com mais pavimentos sejam mais valorizados devido a questões espaciais. Considerando que o espaço físico é limitado e que os indivíduos desejam morar perto de determinadas amenidades, é natural que haja um processo de verticalização de tal região. Assim, na ausência de regulação, são construídos prédios cada vez mais altos nos ambientes mais desejados pela população, visando atender a alta demanda.

Por outro lado, um grande número de unidades num mesmo prédio está associado a menores preços, com a queda de 0.2% para cada apartamento a mais no edifício. A qualidade do acabamento e a área construída também estão positivamente correlacionadas com o preço final da residência, de tal forma que cada metro quadrado construído se reflete no acréscimo de 0.5% do valor de mercado do imóvel. Imóveis mais antigos são menos valorizados, tendo uma redução de 0.4% preço de venda para cada ano. Esse baixo valor pode ser explicado pela carência de espaço físico para edificação de novos empreendimentos, o que acaba por diminuir a velocidade de desvalorização do imóvel perante às novas construções.

Os apartamentos da amostra são em média 36% mais baratos que as casas, o que pode ser resultado de dinâmicas de mercado disjuntas, isto é, uma consequência das preferências dos indivíduos

por casas devido às benéficas associadas a esse tipo de construção ou um reflexo da transição no mercado imobiliário, onde as casas estão sendo vendidas a construtoras para a edificação de prédios e por isso são mais valorizadas.

Para as variáveis ambientais, desfrutar de vista para o mar parece mesmo um privilégio. Usufruir diretamente dessa amenidade está relacionado com um valor 12.5% maior, enquanto os efeitos totais chegam a mais de 15%, sendo maiores que o encontrado no modelo OLS. Por outro lado, estar localizado à beira-rio não influencia no preço de mercado das propriedades, como mostra a não-significância dos efeitos diretos, indiretos e totais. Há duas explicações plausíveis para esse fato. A primeira é que o rio atravessa áreas muito distintas da cidade, indo do centro popular até as regiões mais nobres da urbe e apenas os imóveis situados na margem oeste do Capibaribe possuem varanda nascente e desfrutam de pontos de instalações de lazer públicos, como pista de *cooper*. Para que as edificações situadas na margem leste do Capibaribe sejam nascentes, elas precisam ter "as costas" viradas para o rio e por isso não usufruem de todas as comodidades de estarem localizados à beira do Capibaribe. A segunda remonta às fortes cheias do Rio Capibaribe na década de 1970 que devastaram alguns bairros nobres como Madalena e Casa Forte, tendo criado no imaginário popular um sentimento misto em relação à beira-rio.

Ao contrário do que o senso comum nos levaria a crer, a valorização imobiliária nas proximidades do Rio Capibaribe é maior que nos arredores da praia. Tratando-se de efeitos diretos, se afastar 1 km da praia está associado à queda de 4.8% no valor de mercado da residência, enquanto para o rio esse efeito é de 6.6%. Para os efeitos totais esses valores sobem para 5.9% e 8.1% respectivamente, uma desvalorização quase 40% maior à medida em que os imóveis vendidos vão ficando mais distantes do rio em relação ao afastamento da praia. Uma provável justificativa para esse panorama é o processo de urbanização da cidade. Enquanto o início do povoamento das proximidades do Rio Capibaribe data do século XVI, com a instalação de grandes engenhos de açúcar, a ocupação dos bairros costeiros pela elite ocorreu a partir de meados dos anos 1920, com a construção da ponte do Pina e a inauguração da Avenida Beira Mar (Souza, 2009).

A importância dessas duas amenidades para o recifense se reflete ainda na significância dos efeitos indiretos, uma vez que não só os imóveis localizados nas adjacências da Praia de Boa Viagem e do Rio Capibaribe que se beneficiam desses dois atributos naturais, mas também aquelas propriedades que são vizinhas dessas propriedades. A valorização por se situar nos arrabaldes de um imóvel que está próximo à praia ou ao rio chega 1% e 1.5%, respectivamente. Comparado ao modelo OLS, os valores aqui encontrados para os efeitos totais são em média 20% menores, comprovando a importância de se considerar os vizinhos na precificação das amenidades.

A distância até o centro apresenta um comportamento não-linear, com uma valorização direta de 7.9% à medida em que se afasta 1 km do centro para as propriedades localizadas dentro de uma curta distância do CBD e uma queda de 0.4% no preço para aquelas mais distantes do Marco Zero. O efeito total de 9.7% é quase 50% inferior ao estimado pelo modelo OLS para a variável *dist\_centro*.

Os menores efeitos diretos e totais são em relação ao distanciamento de parques e praças. Apesar dos elevados preços dos imóveis localizados nos arredores do Parque da Jaqueira, da Praça de Casa Forte ou do Parque Dona Lindu, parece que tal valorização é menor que a esperada quando se compara com as outras amenidades. O distanciamento de 1 km da praça mais próxima reflete uma queda de apenas 1.2% no valor de mercado da edificação, *coeteris paribus*. Os efeitos totais são bastante semelhantes, apontando uma desvalorização de 1.5%, significativamente menor do que o estimado no modelo OLS.

As ZEIS aparentam ser fonte de forte desvalorização imobiliária. A aproximação em 1 km a uma dessas comunidades está associada a uma queda de quase 10% no preço do imóvel, já consideradas as interações espaciais. As estações de metrô e pontos de integração de ônibus de fato são percebidas como desamenidades pela população, pois o aumento do preço das propriedades é, em média, de 3.3% a cada quilômetro de afastamento desses atributos. Isso ocorre provavelmente devido ao fato de que, em Recife, estações de metrô estão localizados nos bairros da periferia da cidade e, dentre os bairros mais valorizados, apenas Boa Viagem conta com estações de metrô. Além disso, como explicado, a malha metroviária é toda de superfície, o que pode trazer um incômodo aos moradores da região devido ao barulho gerado pelo constante fluxo de trens e passageiros. Por fim, cada crime violento letal intencional



ocorrido dentro de um raio de 1.5km do imóvel está diretamente relacionado com uma desvalorização de 0.1% no valor de mercado da residência, sendo os efeitos totais duas vezes maiores.

Para garantir a robustez dos resultados encontrados, foi feita uma análise *a posteriori* dos dados. O objetivo foi verificar se a conclusão de que os indivíduos estão pagando mais para morar perto do rio comparado a morar perto da praia não seria consequência de uma grande diferença no número de vendas nas proximidades de cada amenidade. Por exemplo, se houvesse um maior número de vendas em Boa Viagem (e possivelmente maior variabilidade no valor dos imóveis) em relação aos bairros adjacentes ao Rio Capibaribe, então a venda de um casarão colonial em Casa Forte poderia estar puxando o coeficiente de *dist\_rio* pra cima. A distância estabelecida como área de influência para cada amenidade – Praia de Boa Viagem e Rio Capibaribe – foi de 1.6 km. Contando os imóveis vendidos que se encontram dentro da desse raio, encontra-se uma quantidade semelhante: em 2012 foram vendidos 2791 imóveis nas proximidades da orla e 2603 nos arrabaldes do rio. Esse é um forte indício de que os imóveis são, de fato, mais valorizados nas proximidades do Rio do que da praia (coeficiente de *dist\_rio* é maior que *dist\_praia*). Vale ainda notar que a presença de parques nas áreas de influência não alteram o resultado, uma vez que esse efeito é controlado pelo coeficiente de *dist\_parq*. Além disso, as variáveis dicotômicas de vista para o mar e de beira-rio anulam as amenidades associadas a estas condições.

## 6. Conclusões

O presente trabalho procurou aprofundar os estudos sobre precificação de amenidades residenciais nas cidades brasileiras a partir do caso específico da Cidade do Recife, que, entre as capitais brasileiras, apresenta como característica distintiva a forte presença do mar e de rios (conhecida como a “Veneza Brasileira”), geralmente consideradas duas amenidades naturais em cidades de clima tropical. Neste sentido, há três características distintivas da pesquisa. Primeiro, diferentemente dos trabalhos disponíveis para a referida cidade, utilizou-se uma base de dados com mais de 9 mil vendas de residências, englobando cerca de 90% dos bairros da cidade. Em segundo lugar, procurou-se utilizar um grande conjunto de amenidades naturais e sociais existente na cidade, e, a partir do georreferenciamento, cada uma destas características pode ser construída de modo a permitir diferenciações entre as unidades residenciais. Por fim, o trabalho também é pioneiro entre as análises feitas para as cidades brasileiras com respeito às estimativas adequadas dos efeitos das variáveis sobre o valor dos imóveis na presença de dependência espacial (estimativas de efeitos diretos e indiretos).

Todas as amenidades incluídas no trabalho se mostraram importantes no processo de formação de preços dos imóveis residenciais. Especificamente, por um lado, os valores dos imóveis da referida cidade tendem a apresentar apreciações se os mesmos apresentam vista para o mar, estão próximos do mar, do rio e dos parques da cidade. Entre estas amenidades, a distância ao mar e a distância ao rio apresentam, além disto, efeitos indiretos positivos, indicando elevação dos valores dos imóveis em função de situação mais favoráveis (com respeito a estas amenidades) de imóveis vizinhos. Por outro lado, tais valores são afetados negativamente com a proximidade das ZEIS, das estações de metrô e dos locais de ocorrência de crimes.

Duas evidências em particular merecem destaque. A primeira diz respeito aos diferentes níveis de influência das proximidades ao mar e ao rio, sem dúvidas as duas principais amenidades naturais da cidade (o Rio Capibaribe e a Praia de Boa Viagem). O distanciamento em relação a cada um desses atributos naturais implica queda no valor de mercado do imóvel, sendo, contudo, tal desvalorização quase 40% superior com o afastamento do rio quando se compara com o afastamento da praia. Esse resultado parece consistente com o tipo de ocupação da capital pernambucana, que, dadas as dificuldades de transporte, privilegiou primordialmente a proximidade ao Rio Capibaribe. Por outro lado, também cabe destacar que os imóveis premiados com vista para o mar são em média 17% mais caros que aqueles que não o são, sendo esta a amenidade de maior impacto sobre os valores dos imóveis. A segunda evidência refere-se a importância das amenidades sociais. Neste sentido, note-se que a distância dos imóveis ao Centro segue a tendência urbana de cidades monocêntricas e apresenta um efeito não-linear sobre o valor dos imóveis, isto é, propriedades localizadas no entorno do CBD se beneficiam com o afastamento do

mesmo, enquanto propriedades mais longe do Centro tem seu valor diminuído com o aumento dessa distância.

Dado o elevado adensamento urbano que caracteriza a cidade do Recife, a revelação da valoração do recifense quanto às amenidades ambientais obtida neste trabalho parece tanto confirmar a importância dos espaços naturais das cidades quanto das desamenidades sociais associadas à criminalidade e à pobreza para o bem-estar de seus residentes. Nesta perspectiva, tais preferências aqui reveladas, em conjunto com mudanças demográficas que afetam a necessidade de espaço urbano para residência (diminuição do tamanho das famílias), podem servir de auxílio ao planejamento urbano da cidade.

## Referências

- Aguiar, M. M. e Simões, R. F. (2012). A influência da localização no preço dos imóveis: uma aplicação do modelo hierárquico para o mercado de belo horizonte (2004-2010). Anais do XV Seminário sobre a Economia Mineira.
- Alonso, W. (1964). Location and land use: toward a general theory of land rent. Harvard University Press: Cambridge.
- Anselin, L. (2002). Under the hood: issues in the specification and interpretation of spatial regression models. *Agricultural Economics*, 27:247-267.
- Basu, S.; Thibodeau, T. (1998). Analysis of spatial autocorrelation in house prices. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17:61-85.
- Benson, E. D., Hanson, J. L., Schwartz Jr, A. L. e Smersh, G. T. (1998). Pricing Residential Amenities: The Value of a View. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 16(1):55-73.
- Brueckner, J. K. e Fansler, D. A. (1983). The Economics of Urban Sprawl: Theory and Evidence on the Spatial Sizes of Cities. *Review of Economics and Statistics*, 65(3):479-482.
- Campbell, J. Y., Giglio, S. e Pathak, P. (2009). Forced sales and house prices. NBER Working Paper Series, 14866.
- Can, A. (1992). Specification and Estimation of Hedonic Housing Price Models. *Regional Science and Urban Economics*, 22(3):453-474.
- Cohen, J. P. e Coughlin, C. C. (2008). Spatial hedonic models of airport noise, proximity, and housing prices. *Journal of Regional Science*, 48(5):859-878
- Court, A. T. (1939). Hedonic Price Indexes with Automotive Examples. *The Dynamics of Automobile Demand*: New York, General Motors.
- Cropper, M., Leland, B. e McConnell, K. E. (1998). On the choice of functional form for hedonic price functions. *The Review of Economics and Statistics*, 70(4):668-675.
- Dantas, R. A., Magalhães, A. e Vergolino, J. R. O. (2007). Avaliação de imóveis: a importância dos vizinhos no caso do Recife. *Revista de Economia Aplicada* 11:231-251.
- Dubin, R. A. e Sung, C. H. (1990). Specification of hedonic regressions: Non-nested tests of measures of neighborhood quality. *Journal of Urban Economics*, 27(1):97-110.
- Follain, J. R. e Malpezzi, S. (1980). *Dissecting Housing Value and Rent*. The Urban Institute: Washington, DC.
- Fuhrer, R. (2012). A Hedonic Rental Price Model for the Canton Zurich. Dissertação. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich.
- Gerardi, K., Rosenblatt, E., Willen, P. e Yao, V. (2012). Foreclosure externalities: some new evidence. Federal Reserve Bank of Atlanta, Working Paper 2012(11).
- Hermann, B. M. e Haddad, E. A. (2005). Mercado imobiliário e amenidades urbanas: a view through the window. *Estudos econômicos*, 35(2):237-269.
- Kelejian, H. H. e Prucha, I. R. (1998). A generalized spatial two-stage least squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17(1):99-121.
- Kelejian, H. H. e Prucha, I. R. (1999). A generalized moments estimator for the autoregressive parameter in a spatial model. *International Economic Review*, 40(2):509-533.
- Kim, C. W., Phipps, T. T. e Anselin, L. (2003). Measuring the benefits of air quality improvement: a spatial hedonic approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(1):24-39.
- Lesage, J. P. (1999). *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. University of Toledo.
- Lesage, J. P. e Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. Chapman and Hall/CRC Press.

- Lesage, J. P. e Pace, R. K. (2012). The biggest myth in spatial econometrics. Disponível em [http://www.wu.ac.at/wgi/en/file\\_inventory/lesage20120110](http://www.wu.ac.at/wgi/en/file_inventory/lesage20120110), 30 de outubro.
- Luttik, J. (2000). The Value of Trees, Water and Open Space as Reflected by House Prices in the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, 48:161-167.
- Macedo, P. B. R. e Simões, R. (1998). Amenidades urbanas e correlação espacial: uma análise intra-urbana para BH/MG. *Revista Brasileira de Economia*, 52(4):525-541.
- Mapa da Violência (2013). Disponível em <http://www.mapadaviolencia.org.br/>, 20 de julho.
- McDonald, J. F. e McMillen, D. P. (2010). *Urban Economics and Real Estate: Theory and Policy*. Wiley, 2ª edição.
- Menezes, T. A., Silveira-Neto, R., Monteiro, C., Ratton, J. L. (2012). Spatial correlation between homicide rates and inequality: Evidence from urban neighborhoods. *Economics Letters*, 120 (1):97-99.
- Mills, E. (1972). *Urban Economics*. Scott Foresman: New York.
- Moran, P. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37:17-23.
- Muth, R. F. (1969). *Cities and housing*. University of Chicago Press: Chicago.
- Pontes, E., Paixão, L. A. e Abramo, P. (2011). O mercado imobiliário como revelador das preferências pelos atributos espaciais: uma análise do impacto da criminalidade urbana no preço de apartamentos em BH. *Revista de Economia Contemporânea*, 15(1):171-197.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1):34-55.
- Sheppard, S. (1999). Hedonic analysis of housing markets. *Handbook of Regional and Urban Economics*, 3(41):1595-1635.
- Sirmans, S. G., Macpherson D. A. e Zietz, E. N. (2005). The composition of hedonic pricing models. *Journal of Real Estate Literature*, 13(1):1-44.
- Souza, R. B. E. (2009). A arte de envelhecer a cidade: o processo de ocupação do bairro de Boa Viagem e as ações de demolição para novas construções. *Anais do XIII Encontro Nacional da ANPUR*.
- Teixeira, E. e Serra, M. (2006). O impacto da criminalidade no valor de locação de imóveis: o caso de Curitiba. *Economia e Sociedade*, 15(1):175-207.
- Tyszler, M. (2006). *Econometria espacial: discutindo medidas para a matriz de ponderação espacial*. Dissertação. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, FGV-SP.
- Wheaton, W. (1974). A comparative static analysis of urban spatial structure. *Journal of Economic Theory*, 9:223-37.
- Wihelmsson, M. (2002). Spatial Models in Real Estate Economics. *Housing, Theory and Society* 19:92-101.
- White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica* 48(4):817-838.