UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MATHEUS GOMES COELHO CIARLINI

PRECIFICAÇÃO HEDÔNICA DE IMÓVEIS LOCÁVEIS NO RECIFE (2019)

CARUARU
2020

MATHEUS GOMES COELHO CIARLINI

PRECIFICAÇÃO HEDÔNICA DE IMÓVEIS LOCÁVEIS NO RECIFE (2019)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de concentração: Economia Regional.

Orientadora: Profa. Dra. Monaliza de Oliveira Ferreira.

Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos.

CARUARU
2020

Catalogação na fonte:
Bibliotecário – Raul César de Melo - CRB/4 - 1735

C566p Ciarlini, Matheus Gomes Coelho.
Precificação hedônica de imóveis locáveis no Recife (2019) / Matheus Gomes Coelho Ciarlini. – 2020.
49 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Monaliza de Oliveira Ferreira.
Coorientador: Francisco de Sousa Ramos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Economia, 2020.
Inclui Referências.

1. Mercado imobiliário – Recife (PE). 2. Aluguel residencial. 3. Preços. I. Ferreira, Monaliza de Oliveira (Orientadora). II. Ramos, Francisco de Sousa (Coorientador). III. Título.

CDD 330 (23. ed.) UFPE (CAA 2020-060)

MATHEUS GOMES COELHO CIARLINI

PRECIFICAÇÃO HEDÔNICA DE IMÓVEIS LOCÁVEIS NO RECIFE (2019)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Aprovada em: 20/04/2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr.ª Monaliza de Oliveira Ferreira (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof.ª Dr.ª Roberta de Moraes Rocha (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. André de Souza Melo (Examinador Externo)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Adquirir um título de mestre não é algo que se faz sozinho. Por dois anos, tive a oportunidade de conviver e aprender com outras pessoas e, por meio da contribuição delas, pude concluir este ciclo. Assim, dedico esse espaço para agradecer os professores, colegas, amigos e familiares por todo apoio prestado.

Agradeço a todos os meus professores pela disponibilidade e atenção ao compartilhar todo conhecimento e experiência com toda a turma. Em especial, cito os professores Carlos Amorim, Leandro Willer e Klebson Moura.

À Profª. Monaliza de Oliveira Ferreira, orientadora dessa pesquisa, e ao Prof. Francisco de Sousa Ramos, coorientador, reservo agradecimentos especiais. Ambos foram essenciais para o desenvolvimento do estudo aqui proposto, além da minha evolução acadêmica e pessoal. Primeiro, agradeço à Profª. Monaliza pelos conselhos, companheirismo e incentivo desde o começo do curso, continuamente buscando extrair o melhor de mim como aluno e orientando. Segundo, e não menos importante, Prof. Francisco foi decisivo na minha escolha por fazer o mestrado em Economia. Também como amigo e conselheiro, sempre confiou em meu trabalhou e me mostrou que devemos ter brio para irmos além das expectativas.

À minha família, sou eternamente grato por tudo que conquistei e pelo apoio às minhas decisões. Agradeço aos meus pais, Aline e Luiz Antonio Ciarlini, e à minha irmã, Marcela Ciarlini, pela educação proporcionada e amor partilhado. Incluo aqui minha companheira e amiga, Raíssa Castro, pelo suporte incondicional, carinho e paciência em todos os momentos.

Aos meus colegas e amigos, agradeço por todas as horas convividas e conhecimentos compartilhados. Posso dizer que juntos superamos diversas dificuldades para que pudéssemos alcançar nossos objetivos.

RESUMO

A cidade do Recife vem se destacando no mercado de locação imobiliária regional. Na literatura nacional e internacional são inúmeras as pesquisas que buscam a precificação justa dos imóveis dada as amenidades características de cada região. No entanto, há poucas pesquisas atuais disponíveis no Brasil sobre a formação dos preços dos aluguéis e sobre as preferências do consumidor foram encontradas. Deste modo, este trabalho estima o impacto de variáveis estruturais, amenidades urbanas e naturais na formação dos preços de aluguel das zonas norte e sul de Recife por meio da metodologia espacial de preços hedônicos. Com um banco de dados de 269 observações fornecidas pela maior imobiliária do estado, foi possível constatar pelo teste do I de Moran a existência de uma significativa interação entre os valores do aluguel na região, de modo que dificilmente a abordagem espacial poderia ser dissociada do mercado municipal de locação. Em seguida, mostra-se por meio dos testes dos multiplicadores de Lagrange e critérios de Akaike e Schwartz que os modelos mais indicados para esta pesquisa eram realmente os modelos espaciais, em especial o modelo de erro espacial (SEM), ao invés do método de mínimos quadrados tradicional. Como resultado, verificou-se que todas as variáveis estruturais são importantes e significativas para a formação do preço de aluguel, com destaque à variável de área útil que não impactou os preços de forma tão preponderante quanto o esperado. Dentre as amenidades escolhidas para compor o modelo, o impacto positivo da variável de distância ao rio quando comparado às demais, também significativas, indica que, em Recife, os locatários preferem morar próximo ao Rio Capibaribe. Finalmente, concluiu-se que o consumidor locador de imóvel apresenta interesses diferentes do consumidor comprador, principalmente quando se refere a área útil e mobília.

Palavras-chave: Mercado imobiliário. Aluguel. Preços de aluguel. Preços hedônicos. Amenidades. dependência espacial.

ABSTRACT

Recife city has been standing out in the regional real estate rental market. In national and international literature, there are countless researches that seek the fair pricing of properties given the characteristic amenities of each region. However, there is little current research available in Brazil on the formation of rental prices and consumer preferences. In this way, this work estimates the impact of structural variables, urban and natural amenities on the formation of rental prices in the north and south of Recife through the spatial methodology of hedonic prices. With a database of 269 observations provided by the largest real estate company in the state, it was possible to verify by the Moran I test the existence of a significant interaction between the rent values in the region, so the spatial approach could hardly be dissociated from the municipal real estate rental market. Then, it is shown through the tests of the Lagrange multipliers, and Akaike and Schwartz criteria that the most suitable models for this research were really the spatial models, especially the spatial error model (SEM), instead of the ordinary least squares approach. As a result, it was found that all structural variables are important and significant for the formation of the rental price, with emphasis on the variable of useful area that did not impact prices as predominantly as expected. Among the amenities chosen to compose the model, the positive impact of the distance to the river variable when compared to others amenities variables also significant, indicates that the renters prefer to live near Capibaribe river in Recife. Finally, it was concluded that a consumer keen on renting has different interests from a buyer consumer, especially when referring to the useful area and furniture.

Keywords: Real estate market. rent. Rental prices. Hedonic prices. Amenities. Spatial dependence.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8

2 REVISÃO DA LITERATURA DE PREÇOS HEDÔNICOS E SUAS VARIANTES PARA IMÓVEIS 14

3 MÉTODO DE ANÁLISE 21

4 DADOS 26

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 42

REFERÊNCIAS 46

1 INTRODUÇÃO

Há décadas o mercado imobiliário vem sendo objeto de estudo dos pesquisadores de diversos ramos e países em suas respectivas localidades. A estrutura do mesmo pode não ser mais um enigma para os estudiosos, mas o diagnóstico contínuo do comportamento do mercado e de seus elementos persiste e, assim, permite o desenvolvimento de novas estratégias e conceitos, de modo a assegurar a melhor tomada de decisão.

No Brasil, anteriormente à crise econômica derivada do combate a COVID-19, o mercado imobiliário apresentava uma tendência de crescimento para o biênio de 2019 e 2020, destacando-se o ramo de locação residencial, de acordo com informe de locação residencial de janeiro de 2020 do Índice FIPEZAP da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas.

Entre os principais motivos que levavam a esta expectativa, citam-se os seguintes pontos. Primeiro, a taxa básica de juros (taxa SELIC) estava nos seus níveis mais baixos, de acordo com as séries históricas dos registros do COPOM, além da inflação controlada, de acordo com o IPEA na Carta de Conjuntura (4T19). Em janeiro de 2019, a Selic foi estabelecida em 6,5% a.a. e terminou o ano de 2019 em 4,5% ao ano. Ainda pelo IPEA, a tendência era de leve queda na SELIC para 2020 caso o país continuasse respondendo positivamente aos estímulos econômicos. Deste modo, com condições econômicas favoráveis, acreditava-se que o crescimento do mercado imobiliário fosse uma consequência natural.

O segundo ponto, correlacionado com o anterior e determinante para o mercado imobiliário, é a perspectiva de oferta de crédito barato para construção e aquisição de imóveis, com disposição dos bancos de aprovar financiamentos, uma vez que há um interesse financeiro maior em captar clientes afim de empréstimos, como pode ser observado na Carta de Conjuntura do IPEA (4T19). De acordo com o instituto, a dinâmica do mercado de crédito vinha sendo dada pelo crescimento dos empréstimos com recursos livres, especialmente no segmento de pessoas físicas (PFs), em que o saldo em outubro de 2019 crescia 13,4% em termos reais ante outubro do ano anterior. O saldo de empréstimos com recursos livres às empresas também vinha acelerado, e sua taxa de crescimento atingiu 7,2% na mesma comparação.

Além das mudanças causadas por conta das alterações nas conjunturas econômica e político-sociais, é evidente que a concorrência e a evolução tecnológica fazem com que o meio da construção civil esteja em constante inovação. Do outro lado, a procura por otimização de espaço, de investimento e de tempo faz com que novas preferências ditem o mercado imobiliário. Na mesma linha de raciocínio, outras opções de rentabilizar um imóvel são cada vez mais exploradas pelo proprietário e também pelo consumidor, sendo uma delas o aluguel residencial. De um ponto de vista simples, alugar nada mais é do que obter um espaço em troca de uma quantia periódica por um determinado tempo.

No momento de alugar um imóvel, o consumidor está disposto a pagar não apenas pelas características internas do bem, mas também pelo posicionamento geográfico relativo aos pontos de influência na cidade, considerando não só valor de uso, mas de vivência – afinal, a preferência por morar perto da praia não significa que os indivíduos necessariamente frequentem a praia. São diversas as razões que levam um indivíduo a optar pelo aluguel, desde uma necessidade temporária ou permanente até uma decisão racional sobre custos e rendimentos com habitação, sendo para alguns uma decisão de custo-benefício. E quais são os parâmetros para definir se um aluguel é caro ou barato? Além do perfil de renda de cada consumidor, há um procedimento aceito pelo mercado com base em regressões lineares múltiplas normatizado pela NBR 14653-2 que orienta quanto ao “valor justo” do imóvel para uma determinada região da cidade, mas o mesmo não vale para preços de aluguel. Afinal, será mesmo que os interesses de um indivíduo locador e um comprador são os mesmos? Se não, no que diferem?

O bem imóvel é um bem heterogêneo[1], seja ele residencial ou comercial. Por tanto, a avaliação patrimonial está diretamente relacionada a identificação, análise e quantificação das características intrínsecas de cada um dos bens (Dunse e Jones, 1998). Contudo, de acordo com Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), é uma unanimidade entre pesquisadores do ramo que a imobilidade espacial, ou seja, a localização do imóvel, está diretamente relacionada a determinação de novos condicionantes para o entendimento da valoração de qualquer propriedade imobiliária

[1] Na literatura, é comum se referir a imóveis como bens heterogêneos, pois cada um tem sua particularidade ainda se localizados no mesmo empreendimento, o que faz um imóvel ser diferente do outro. Dunse e Jones (1998) corrobora com o conceito quando coloca que o valor de cada imóvel é dado de acordo com o conjunto de características específicas. Todavia, há a possibilidade de existirem imóveis idênticos e, consequentemente, de mesmo valor.

nas economias de mercado. Então, como Rosen (1974) coloca, dada sua localização espacial, a imobilidade faz com que as características intrínsecas do mesmo não possam ser dissociadas da influência do meio no qual estão inseridos.

Na “influência do meio”, ainda não compreendia Rosen na época, está incluso o impacto mútuo existente entre os imóveis em um mesmo espaço. Assim como os indivíduos tem parte dos seus valores formados pelo meio social em que vivem, imóveis podem ter seus preços seja de venda ou aluguel motivados parcialmente pela dependência espacial com relação aos vizinhos. Como apontado por Hermann e Haddad (2005), os aluguéis entre eles podem estar correlacionados, pois compartilham no mínimo as mesmas amenidades urbanas.

Apesar de o mercado se encarregar de determinar os preços de equilíbrio de cada bem, a quantificação precisa das influências das amenidades urbanas e propriedades físicas é motivo de seguidas indagações no meio científico (Seabra, Silveira Neto e Menezes, 2016). O aperfeiçoamento dos estudos e técnicas de avaliação tem como finalidade obter a melhor representação das curvas de oferta e demanda que compõem o mercado. Contudo, antes de abordar uma estratégia resolutiva, a assimilação do cenário local recifense e nacional é importante para que seja inserido o contexto sob o qual a pesquisa foi feita auxiliando no entendimento da motivação deste trabalho.

Primeiro, o Brasil é um país de vasta diversidade cultural com boa parte da estrutura das cidades mais antigas sendo influenciada pelo histórico de colonização e expansão comercial. Cidades históricas a exemplo de Recife, Salvador e Rio de Janeiro possuem ainda alguns dos mesmos pontos de influência de séculos atrás. Mais informações sobre cada cidade podem ser encontradas nos registros históricos e estudos sobre as mesmas. As três cidades são bastante influenciadas pelo litoral, mas Recife particularmente se expandiu nas proximidades do Rio Capibaribe e do centro da cidade, e posteriormente se desenvolveu em direção ao litoral, como afirma Rezende (2002) em seu livro “O Recife: Histórias de uma cidade”. Hoje, o centro comercial da cidade, por exemplo, não tem o mesmo impacto sobre os imóveis.

Um ponto importante desta pesquisa é a escolha das zonas comumente conhecidas como Norte e Sul de Recife, que correspondem às microrregiões político administrativas (RPA) 3, 4 (norte) e 6 (sul). Por mais que exista uma divisão geográfica (o Rio Capibaribe) entre as RPAs 3 e 4, e que a RPA 6 é composta na amostra

predominantemente pelos bairros próximos ao mar do Pina, Boa Viagem e Setúbal, percebe-se pelo Atlas de Desenvolvimento do Recife (2005) que estas são as regiões com maior índice de desenvolvimento humano (IDH) da cidade, e que englobam as principais amenidades naturais e urbanas.

O mercado imobiliário nacional é pouco regulado e, por isso, é bastante comum a negociação informal do aluguel de imóveis sob contratos pouco embasados, o que torna as informações de negociação escassas. Quando comparado à gama de dados de venda que podem ser obtidos no Registro Geral de Imóveis, por exemplo, é evidente uma maior facilidade de acesso à informação qualificada ao pesquisar sobre a precificação dos imóveis em si. Contudo, não há no Brasil a mesma facilidade para estudos de locação. Sendo assim, recorreu-se a base de dados da maior imobiliária da cidade do Recife, a Âncora Imobiliária, com vasta experiência no ramo para disponibilizar os dados mais recentes e completos para esta pesquisa.

Um dos pontos que pautam a escolha do Município de Recife como objeto de estudo deste trabalho é fato dele apresentar a quarta maior variação média acumulada em 12 meses no valor do metro quadrado de alocação residencial entre todas as capitais do Brasil de acordo com o informativo de janeiro de 2020 da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE). Neste mesmo informativo, de acordo com o IBGE, Recife possui também a maior renda per capita da região, o que de acordo com Dantas, Magalhães e Vergolino (2010), influencia no alto valor do metro quadrado dos imóveis à venda, e provavelmente deve influenciar no preço do metro quadrado do aluguel. Um questionamento determinante para esta pesquisa pode ajudar a entender estes dados da capital pernambucana ante ao cenário regional: O que é mais valorizado pelo locatário ao buscar um imóvel em Recife?

Na busca por respostas, o modelo de precificação hedônica desenvolvido inicialmente por Court (1939) e aperfeiçoado por Rosen (1974) é particularmente importante na valoração de quanto as firmas e o consumidor médio apreciam cada característica de um bem no mercado em questão. O modelo de preços hedônicos se encaixa com certa eficiência na maioria dos mercados de bens heterogêneos, pois o respectivo preço de equilíbrio reflete a quantidade de atributos que o bem possui (Ángelo, Fávero e Luppe, 2004). Alguns exemplos da utilização deste modelo de análise são os mercados de automóveis (Court, 1939), alimentos e computadores.

Hoje, é comum a utilização de preços hedônicos na avaliação de imóveis tanto no trabalho de avaliadores quanto no estudo de economistas.

Quando se trata especificamente de propriedades imobiliárias, essa estratégia de estudo pode fornecer em que nível e sentido o estímulo de novos empreendimentos públicos ou privados impacta na preferência do consumidor em determinadas regiões, além do impacto das próprias características físicas do imóvel. Deste modo, este método pode ser um importante instrumento de juízo em favor do bem-estar tanto da firma quanto do indivíduo.

Diversos trabalhos internacionais tratam das amenidades urbanas por meio da regressão de preços hedônicos, a exemplo de Des Rosiers e Thériault (1996), Panduro e Veie (2013) e Ribes *et al* (2018). Há alguns trabalhos nacionais também, com destaque para Hermann e Haddad (2005), Dantas, Magalhães e Vergolino (2007 e 2010), Seabra, Silveira-Neto e Menezes (2016). De modo geral, todos os resultados apontam para a relevância das externalidades na geração de valor dos imóveis, mas é bastante desproporcional o número dos trabalhos que focam no mercado de locação.

Até mesmo na literatura internacional, há pouco uso do aluguel como variável dependente, ou porque o tipo de negociação não é relevante para o estudo ou porque os dados de aluguel sejam privados e, por tanto, mais onerosos de serem obtidos, o que amplia a importância desta presente pesquisa. Fogem desta regra, por exemplo, os trabalhos de Mills (1992), Des Rosiers e Thériault (1996), Dunse e Jones (1998), e Ribes *et al* (2018). Hoje, trabalhos a respeito de aluguel de curtíssima duração ou de temporada vêm ganhando espaço, dada a rápida adaptação dos meios de oferta às necessidades do consumidor, neste caso, o viajante usuário do aplicativo Airbnb, intermediador ou marketplace de imóveis disponíveis para locação. Os trabalhos de Gibbs et al (2017), e Tong e Gunter (2020) servem de exemplo.

Entre os estudos nacionais, destacam-se os trabalhos de González (1995), Angelo, Favero e Luppe (FEA 2004), Hermann e Haddad (2005), e Menezes, Azzoni e Moreira (2007). Porém, todos apresentam alguma dificuldade, ou pelo menos ponderações relacionadas à base de dados e suas limitações que podem afetar a modelagem. Tal fato não surpreende, pois, essas adversidades são igualmente comuns em trabalhos que buscam o valor razoável do imóvel, mesmo eles possuindo uma base de dados mais robusta e variada usualmente.

Por tanto, após investigar a literatura disponível, é possível afirmar que este estudo é um precursor no Brasil na busca pela precificação justa do aluguel, ou seja, na utilização do valor de locação dos imóveis residenciais como variável depende para estimação dos preços hedônicos, levando em consideração uma vasta gama de amenidades urbanas presentes e a dependência espacial associada.

Algumas dificuldades devem ser destacadas nas investigações empíricas. Conforme Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), que também utilizaram Recife como objeto de estudo, há dificuldades na obtenção de dados para todas as localidades dos mercados urbanos, o que restringe a análise dos resultados a poucas vizinhanças e impede a incorporação adequada dos efeitos de contágio entre elas. Todavia, esta mesma pesquisa será utilizada como base para que seja possível trabalhar da forma apropriada com estes efeitos.

Qual o melhor formato para o modelo? Quais as variáveis explicativas, dado que se deseja analisar o efeito das amenidades urbanas sobre o aluguel? Além do estudo anteriormente citado, os estudos de Menezes, Azzoni e Moreira (2007) e Hermann e Haddad (2005) têm suma importância para auxiliar no que influencia a preferência da população.

Devido ao número considerável dos bairros da cidade serem utilizados, então se deve tomar uma atenção especial ao que Hermann e Haddad (2005), Dantas, Magalhães e Vergolino (2010) e Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016) chamam de *spillovers*[2] espaciais. Sobre a interação espacial, ou *spillovers*, sob a variável dependente (preço de locação do imóvel, por exemplo), Lesage e Pace (2009) apontam que os coeficientes estimados nas regressões não apresentariam o que de fato seria o preço real de cada característica pertencente ao elemento de estudo.

Sabendo destas dificuldades, o objetivo geral da pesquisa consiste em aplicar o modelo de precificação hedônica aos imóveis disponíveis para locação na cidade do Recife em 2019. Além disso, pretende-se especificamente determinar os preços implícitos também das amenidades urbanas. Tais informações são importantes para as imobiliárias e incorporadoras, uma vez que as estimações utilizadas por eles para o valor do aluguel são majoritariamente imprecisas por não possuir uma metodologia

[2] O efeito S*pillover,* também chamado de interação espacial, nada mais é do que o impacto indireto positivo ou negativo que uma determinada atividade pode gerar sobre outros indivíduos. Um exemplo relacionado ao mercado de imóveis é o aumento ou a queda do valor do aluguel de imóvel X visto que um outro imóvel Y foi alugado por um determinado valor na mesma região.

adequada associada. Além de vizinhanças com caraterísticas naturais bem diferenciadas, Recife também apresenta marcadas diferenciações espaciais com respeito às características sociais, por isto o foco deste trabalho numa região específica da cidade. Há pouca noção relativa ao impacto das características do imóvel e das amenidades locais no valor de locação do imóvel.

2 REVISÃO DA LITERATURA DE PREÇOS HEDÔNICOS E SUAS VARIANTES PARA IMÓVEIS

O primeiro uso de regressões utilizando o termo "hedônico"[3] é colocado por Court (1939). Seu estudo é motivado por questões produtivas envolvendo a indústria automobilística nos Estados Unidos, onde preços variavam indiscriminadamente a depender do anúncio da montadora, e por analisar os índices de preços correspondentes às características como, por exemplo, dólares por quilo do carro ou por cavalos de potência. O termo "hedônico" foi usado para descrever a valoração da importância de vários componentes, como potência, capacidade de frenagem, área de janela, além de outras características pertinentes na construção de um índice de utilidade e desejo. O modelo estatístico de Court é similar ao modelo básico de regressão de preços. Para a época, os resultados obtidos indicam uma queda do "impacto hedônico" (como o autor se refere) da distância entre eixos, um impacto hedônico relativamente constante do peso e um impacto relativamente constante, embora menor, de potência.

Dando continuidade ao conceito, o trabalho de Lancaster (1966) é citado por Rosen (1974) como considerável contribuição. Lancaster reafirmou que as características próprias que diferenciam os bens estariam omitidas na teoria do consumidor na época. Para o autor, o interessante nessa nova abordagem foi o peso específico das características dos bens em geral como determinantes da utilidade do indivíduo. Como conclusão, por meio de conceitos microeconômicos da teoria do consumidor, como o efeito substituição e o axioma da preferência revelada, Lancaster afirma que as preferências do consumidor são exercidas com base nas características intrínsecas, e não sobre os bens em si.

[3] O termo "hedônico" é derivado do termo "hedonismo", relativo ao prazer do indivíduo ao adquirir um bem com determinadas características nem sempre palpáveis ou visíveis, mas relevantes no incremento da utilidade. O método de preços hedônicos utiliza dados do mercado oriundos de transações financeiras para a determinação do valor das características de um bem heterogêneo.

Posteriormente, a pesquisa de Rosen (1974) é tomada como referência fundamental na abordagem de preços hedônicos. Esta pesquisa coloca a precificação hedônica dentro do conceito de mercado concorrencial e equilíbrio espacial, e determina que o preço observado do produto e o conjunto de características associadas a ele definem o conjunto de valores implícitos.

Rosen (1974) afirma que, de acordo com a análise sobre o consumo, quanto maior for a renda, maior utilidade o consumidor almejará. Como consequência, haveria o consumo maior do bem com um “pacote de atributos” maior por parte do consumidor com maior poder aquisitivo. No entanto, nem sempre a busca por melhor qualidade do produto está associada ao crescimento linear da renda. Ou seja, por exemplo, uma família que vive em um apartamento de três quartos não necessariamente desejará um outro imóvel com seis quartos, caso o poder aquisitivo dela dobre. Como dedução sob o ponto de vista do consumidor, um grupo de indivíduos de uma mesma faixa de renda tendem a adquirir produtos com características semelhantes, o que remete a uma provável segmentação. Por este motivo, a inclusão da divisão sociodemográfica na cidade de Recife deve ser importante para estabelecer um novo ponto de vista sobre o mercado de aluguéis em regiões da cidade, como realizado por Fávero, Belfiore e Lima (2008) para imóveis residenciais na cidade de São Paulo.

Todavia, o modelo de Rosen (1974) possui algumas limitações, segundo Fávero, Belfiore e Lima (2008), pois assume um equilíbrio de mercado para todo caso e nenhum possível problema de multicolinearidade entre as variáveis explicativas. Deste modo, o preço implícito marginal passa ser igual para cada atributo em uma determinada região de estudo e, mesmo com alguns percalços, a evolução da técnica permite que seja amplamente utilizada nos diagnósticos do mercado imobiliário.

Devido a heterogeneidade observada entre bens imóveis, os modelos hedônicos têm sido amplamente empregados para explicar diferenças de preços entre residências ou pontos comerciais ao longo do tempo. Observando a literatura, há três motivações para utilização do método:

i. Construir índices de preços;
ii. Estimar o valor de propriedades a partir de características, em geral;
iii. Determinar o impacto de certas características no preço final do imóvel, como amenidades urbanas, por exemplo.

Existem inúmeros trabalhos internacionais e nacionais que buscam analisar o impacto de características extrínsecas, ou amenidades urbanas, no valor de transação dos imóveis. Na virada do milênio, Tyrväinen e Miettinen (2000) buscaram o preço implícito das amenidades florestais urbanas, comuns na Finlândia, sobre os preços das habitações e suas características locais. Esta pesquisa utilizou dados de venda de casas conjugadas na cidade de Salo. Salienta-se neste estudo e nos próximos aqui citadas a singularidade geográfica e urbana de cada região, o que provavelmente está associado ao respectivo contexto histórico, originando preferências específicas do consumidor local.

Seguindo essa linha, é notável a constante utilização de áreas verdes como foco da análise de impacto na localidade. O trabalho de Kong, Yin e Nobukazu (2007) foi bastante relevante para esta pesquisa pela utilização do GIS, sistema de informações geográficas, cujo fim era georreferenciar os dados coletados de negociações imobiliárias na cidade de Jinan na China. De acordo com os autores, a metodologia espacial por meio do software foi essencial para que o coeficiente de algumas variáveis fosse preciso, consistente e não-viesado, a exemplo da variável de "acesso às áreas públicas". Deste modo, torna-se indispensável essa metodologia nesta presente pesquisa. Os resultados da estimação indicaram que, além da maioria das variáveis relativas aos espaços verdes, o termo de uso da terra relativo a riqueza, o setor de localização e o ambiente educativo são variáveis altamente significantes.

Mais recentemente, Panduro e Veie (2013) propuseram a categorização do espaço verde em oito tipos diferentes e quantificar o seu impacto nos preços da habitação na cidade de Aalborg usando o método do preço hedônicos. Essa categorização que mereceu destaque na contribuição da literatura, por levantar uma nova abordagem a respeito das amenidades naturais. Em um dos resultados, eles descobriram que os tipos de áreas verdes, cuja classificação se dá em termos de acessibilidade e nível de manutenção, têm altos preços implícitos, enquanto que os tipos com baixas classificações não são identificados ou fornecem resultados ambíguos. Assim, concluíram que o espaço verde não é uma amenidade ambiental uniforme, mas sim, um conjunto de variáveis distintas com impactos muito diferentes sobre o preço das moradias.

Em outra pesquisa, a originalidade ao incluir a expectativa futura nas estimações faz com que Bishop e Murphy (2019) possam ser evidenciados pela nova

vertente de pesquisa no ramo. Eles procuraram estudar os efeitos das amenidades que variam ao longo do tempo sobre os imóveis e o possível impacto futuro delas quando o consumidor tem preferência pelo potencial da localidade em negociação. Para tal, os autores delineiam sobre o viés potencial associado ao modelo estático de preços hedônicos amplamente difundido desde Rosen (1974) e relacionam esse viés às séries temporais das amenidades de interesse. Por fim, eles propõem um fator de ajustamento que corrige o potencial erro, tornando o modelo estático de Rosen em um modelo de análise do potencial futuro.

No Brasil, pode-se destacar alguns trabalhos com abordagem dos vizinhos e dependência espacial urbana. Hermann e Haddad (2005) avaliam a precificação dos imóveis residenciais em São Paulo considerando que as famílias não se importam apenas com aquilo que está dentro do imóvel, mas também com o que há da janela para fora. Eles aplicam um conceito de geografia urbana de cidades monocêntricas ou policêntricas, o que justificaria a criação de tais modelos para a cidade de São Paulo.

Outra contribuição importante desta pesquisa foi a constatação de limitações do modelo a exemplo das desvantagens do método Box-Cox e as ocorrências de forte multicolinearidade das variáveis e dependência espacial nos resíduos. Como resultado, por meio de dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), coletados pela FIPE 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 causa o contrário.

Também sobre a cidade de Recife, Dantas, Magalhães e Vergolino (2007) utilizaram o modelo de preços hedônicos com o objetivo de analisar características do mercado imobiliário local, como a influência do litoral e parques, por meio de dados fornecidos pela Caixa Econômica Federal para apartamentos vendidos entre os anos de 2000 e 2002 e dados do censo IBGE 2000. Concluíram que os imóveis se desvalorizam entre 6% e 8%, à medida que se distanciam do parque da Jaqueira e da praia, respectivamente. Contudo, foi encontrado evidências de dependência espacial no preço dos imóveis. Perceberam também uma redução dos preços implícitos de certas amenidades, o que fez os autores reiterarem a hipótese anteriormente discutida por Hermann e Haddad (2005) sobre a existência de *spillovers* espaciais.

Dantas, Magalhães e Vergolino (2010) mostraram a importância da utilização da econometria espacial nos estudos dos fenômenos relacionados à economia urbana, em particular, no comportamento do mercado habitacional. Neste novo estudo, os resultados indicam que as equações de demanda tradicionalmente estimadas, sem levar em conta a dependência espacial, podem gerar resultados tendenciosos, com a elasticidade-preço representando menos de 50% da estimativa do modelo espacial.

Contemporaneamente, sugerindo um aprimoramento de pesquisa anterior de Dantas, Magalhães e Vergolino (2007), a pesquisa de Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016) fornece estimativas da influência das amenidades sobre o valor dos imóveis residenciais também em Recife. Para tanto, consideram um modelo de preços hedônicos com diferentes tratamentos da dependência espacial (SAR e SAC) e utilizam um amplo banco de dados fornecido pela Prefeitura. Os resultados indicam que “vista ao mar” e “proximidade ao rio” são as amenidades mais valorizadas na cidade, enquanto o valor dos imóveis tende a ser negativamente afetado pela proximidade às ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social), aos metrôs e aos locais com índice de violência elevado.

Pode-se afirmar que a maior parte das pesquisas nacionais não utilizam uma modelagem focada em aluguel, o que pode levar a resultados distintos aos comumente vistos nas pesquisas de venda. Um dos fatores a dificultar o manejo de dados detalhados de aluguel tanto na oferta quanto no fechamento de contrato é a indisponibilidade de dados públicos, encontrados basicamente apenas na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) como um custo adicional às famílias. Quando são informações relacionadas a locação, o método de coleta comum é primário em sites de anúncios, ou com o acesso permitido por imobiliárias. Mesmo assim, na literatura nacional, alguns pesquisadores podem ser citados pelas pesquisas a respeito do aluguel.

González e Formoso (1995) propôs um estudo do comportamento do mercado imobiliário de Porto Alegre, através do emprego do método de preços hedônicos. Com um banco de dados composto por 504 imóveis, o modelo explicou 80% da variabilidade dos preços de aluguel, apesar de possuírem diferenças significativas a depender do nível de agregação, o que, de acordo com os autores, indica que os modelos estimados são válidos e que análise é confiável para generalização de

resultados. Ainda, a pesquisa concluiu que variáveis explicativas como distância aos "shopping centers" e a existência de favelas nas proximidades são importantes para o modelo.

Ángelo, Fávero e Luppe (2004) fez um estudo similar ao de Dunse e Jones (Glasgow, 1998), porém direcionado para a cidade São Paulo, Brasil. Ambos aplicam modelos semilogarítmicos de preços hedônicos com base em dados de aluguel de imóveis comerciais. Os resultados obtidos para São Paulo demonstram que os atributos mais importantes para a determinação dos preços dos aluguéis são a presença de fibra ótica no edifício, piso elevado para a passagem de dutos e fiação e, em algumas regiões, o número de vagas de estacionamento, o número de elevadores e as dimensões do edifício. Já para Glasgow, Dunse e Jones em sua a investigação enfatizaram a importância de idade e localização, como principais determinantes da locação.

Um trabalho com outro fim, mas que merece destaque pela extensão do estudo a respeito do impacto do aluguel a nível nacional, é o de Menezes, Azzoni e Moreira (2007). Utilizando os dados de gastos com aluguéis divulgados pela POF 2002/2003, os autores estimaram um índice de custo de vida, com o gasto com aluguel residencial como *proxy*, entre estados brasileiros a partir de um modelo de preços hedônicos. Além dos atributos físicos utilizados como controle, os pesquisadores incluíram também *dummies* para áreas geográficas, estados e faixas de renta (baixa, média e alta).

Na mesma pesquisa, concluíram que o custo de vida para capitais são os mais elevados, enquanto as zonas rurais possuem os custos mais baixos. Ademais, outros resultados obtidos, devido a utilização de *dummies* de iteração entre os estados e a nível de renda familiar, foram que a cidade de Brasília possui os gastos mais altos de aluguel para pessoas de nível de renda alta e baixa, enquanto que Rio de Janeiro foi a cidade mais custosa para pessoas de nível médio. Os estados com custo de aluguel mais baixo foram Sergipe, Maranhão e Ceará para níveis de renda alto, médio e baixo, respectivamente.

Há também trabalhos internacionais recentes focados no mercado de locação e afins, tais como Won e Lee (2018) investigam como os aluguéis de pequenas moradias urbanas são determinados a partir da metodologia de preços hedônicos com uma abordagem sobre a dependência espacial. Em um trabalho com uma proposta

bem semelhante a esta, Won e Lee apontam para a utilização do software Geoda, pois fora explorado por Luc Anselin em 2005, e a praticidade do mesmo para estimar os principais modelos espaciais (SAR e SEM), que serão abordados posteriormente na metodologia. Como resultado, todas as variáveis relativas a localização e amenidades locais impactam significativamente o preço do aluguel, e puderam concluir que prêmios eram acrescentados nos aluguéis por diversos motivos.

O trabalho de Ribes *et al* (2018) aborda como o novo ambiente turístico na Espanha afetam os preços de locação das casas de veraneio. Neste trabalho, os autores utilizam a Variance Inflation Factor (VIF), conhecido na literatura, para testar se há multicolinearidade entre as variáveis dependentes. Os resultados apontam para novas variáveis pouco exploradas na literatura como a competitividade sobre o turismo e a reputação online como futuros determinantes de preço.

Por fim, vêm surgindo uma nova vertente global de pesquisa, já com alguns trabalhos a respeito, que são os estudos sobre a “Sharing Economy”, ou, economia do compartilhamento, que aborda principalmente a precificação de alugueis de curtíssimo prazo feitos por meio de marketplaces como o Airbnb, com o objetivo de encontrar uma harmonia entre rentabilizar um imóvel parado e o melhor custo para o viajante ou turista. Como exemplos, pode-se citar os trabalhos de Gibbs *et al* (2017) e Tong e Gunter (2020). Ambos utilizam o método dos preços hedônicos via MQO tradicional ou ponderado para apontar quais características podem impactar significativamente nos preços de oferta no Airbnb nas suas respectivas regiões. Apesar da provável existência de dependência espacial, estes trabalhos citados não entram na questão.

Tomando como base toda a pesquisa realizada na literatura nacional e internacional sobre preços de locação de imóveis, observou-se uma clara escassez de trabalhos sobre o assunto no acervo brasileiro. Alguns estudos internacionais como mostrado acima já incluem na precificação hedônica dos aluguéis a abordagem da dependência espacial e sua correção associada, enquanto que à nível nacional, apenas a pesquisa de Hermann e Haddad (2005) se aproxima de tal análise, mas não chega a considerar a correção nas estimações, além de outras limitações. Logo, esta pesquisa deve preencher a lacuna apresentada, contribuindo diretamente para ampliar e aprofundar os estudos econômicos sobre o mercado de locação à nível Brasil considerando a correção da dependência espacial.

3 MÉTODO DE ANÁLISE

A formulação tradicional de preços hedônicos, no caso mais simples e direto, é o modelo de regressão para múltiplas variáveis, conhecido como MQO, no formato linear. Contudo, não é possível apontar ainda a forma funcional do modelo, então generaliza-se a função da seguinte forma:

$$P = (N, X) \tag{1}$$

com o objetivo de afirmar apenas que os preços dos alugueis, P, dependem neste modelo de características internas ou físicas do imóvel, N, e características externas, X, também chamadas de amenidades urbanas e naturais.

Com base no que foi observado na revisão bibliográfica, há três especificações de forma, dentre diversas outras, que são bastante utilizadas: a linear, a logarítmica e a semilogarítmica. Então, para ajudar no critério de escolha, utiliza-se o teste da transformação Box-Cox, como sugestão de Fávero, Belfiore e Franco de lima (2008), Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016) e outros. Contudo, de acordo com Hermann e Haddad (2005), esse método produz uma transformação da variável desejada tal qual as pressuposições de homocedasticidade e normalidade dos resíduos sejam simultaneamente satisfeitas, porém não atesta consistentemente a significância dos coeficientes estimados.

Na escolha da forma das variáveis, a interpretação econômica é essencial para que o modelo seja lógico e coeso. Neste artigo, optou-se por ir em linha com a vasta literatura de preços hedônicos sobre o valor dos imóveis, pois formas não-intuitivas podem ser obtidas a partir do método Box-cox e, por tanto, desnecessárias para este trabalho. Ainda de acordo com Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), alguns fatores pesam a favor do formato semilogarítmico: interpretação simples por meio de variações percentuais médias, variância reduzida quando comparada a forma linear e, caso haja alguma variável omitida importante no modelo, essa especificação apresenta resultados mais precisos.

Um problema tradicional em regressões simples com dados em corte transversal é a presença de heterocedasticidade na distribuição dos resíduos, o que prejudica a análise da significância e robustez do modelo. Felizmente, os coeficientes ainda são não-viesados e consistentes, porém, não serão os mais eficientes ou robustos. Uma maneira de solucionar o problema é a utilização do estimador HC5 (Cribari Neto e Lima, 2014), um aprimoramento do precursor HC0 de White.

Segundo Dantas, Magalhães e Vergolino (2010), quando se deseja abordar a questão espacial, usualmente se acrescenta no modelo variáveis de distância aos polos de influência ou *dummies* de setorização de bairros, por exemplo, considerando independência espacial da variável dependente e dos resíduos. Contudo, como aponta Lesage e Pace (2009) e Anselin (2013), dados cujos posicionamentos espaciais forem determinantes na sua caracterização podem levar consigo mensurações ou posicionamentos imprecisos o que implica em erro de medida, assim como podem existir erros devido a *spillovers* espaciais, ou interações espaciais. Consequentemente, os coeficientes $\hat{\beta}$ se tornam ineficientes, bem como os testes de significância ficam distorcidos.

Em um estudo similar a este, Hermann e Haddad (2005) afirma que, devido a característica de imobilidade espacial, os imóveis podem apresentar algum grau de dependência. Isto pode ocorrer pela presença de efeitos *spillover* entre imóveis, ou mesmo pela falta de explicação apropriada de alguma(s) das amenidades naturais e urbanas, pois a influência delas estaria presente no erro de cada observação provocando assim uma correlação entre os erros. Caso seja realmente constatado a presença de dependência espacial, deve-se reespecificar o modelo

Então, para o andamento do método proposto, fazem-se necessárias as análises de índices e testes de dependência espacial. Inicialmente, segundo Anselin (2014) é feito o exame do índice global de Moran, o qual é interpretado de modo análogo à análise de correlação. Neste caso, quão mais próximo o resultado for de 1, mais similares os dados da amostra são entre si. Se o resultado for próximo de -1, quer dizer que os vizinhos possuem características opostas aos elementos da base de dados. E, caso os resultados sejam 0, a vizinhança não afeta os valores observados na amostra. Este índice é obtido pela seguinte fórmula:

$$I = \frac{n}{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij}} \left(\frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij}(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}\right) \quad (2)$$

onde w_{ij} é um elemento da matriz de pesos espaciais W, a qual será abordada mais especificamente à frente, n é o número de observações e y é a variável em análise.

Segundo Iwata e Albuquerque (2011), há também alguns testes estatísticos para presença de dependência espacial que não dependem de uma especificação paramétrica para a forma de autocorrelação no espaço: o teste do I de Moran e os testes do Multiplicador de Lagrange (LM) robusto para defasagem ou erro.

A estatística I de Moran é a estatística mais difundida. Ela pode ser aplicada tanto à variável dependente, Y, quanto aos resíduos da regressão, ε, quando comparados às variáveis explicativas. Formalmente, a estatística I aplicada a resíduos é da seguinte forma:

$$I = \frac{n}{s}\left(\frac{\hat{\varepsilon}' W \hat{\varepsilon}}{\hat{\varepsilon}'\,\hat{\varepsilon}}\right) \tag{3}$$

onde W é a matriz de pesos espaciais, n é o número de observações e s é o fator de padronização, que nada mais é do que a soma de todos os elementos da matriz W. Com o I de Moran, é possível construir um teste para a hipótese nula, cuja rejeição indica que há correlação espacial no modelo de regressão. O problema deste teste é que ele não identifica se a autocorrelação está presente no erro ou na explicação da variável dependente.

Por isso, serão utilizados testes mais específicos: o LM (erro) Robusto, para detectar efeitos de autocorrelação espacial no termo de erro, e o LM (defasagem) Robusto, para verificar a presença de efeitos de defasagem espacial na variável dependente. O teste LM (erro) Robusto é um teste assintótico realizado a partir da estatística:

$$LM_{\lambda} = \frac{(\varepsilon' W \varepsilon)/\sigma^2)^2}{tr[(W' + W)W]} \tag{4}$$

onde ε é o vetor de resíduos de mínimos quadrados, W a matriz de pesos espaciais, σ² é estimativa de máxima verossimilhança da variância do modelo de mínimos quadrados, e tr, o traço da matriz, que tem distribuição Qui-quadrado com um grau de liberdade, sob a hipótese nula de não existência de autocorrelação espacial no termo erro. O teste LM (defasagem) Robusto é também um teste assintótico realizado a partir de uma equação equivalente à anterior, diferenciando-se especialmente no foco à relação dos resíduos ε e a variável dependente *y,* além de uma abordagem própria para o denominador onde também trabalha com o traço da matriz de pesos. Esse teste tem distribuição Qui-quadrado com um grau de liberdade, sob a hipótese nula de não existência de defasagem espacial na variável dependente. Todos os 3 testes aqui foram feitos com a ajuda do software Geoda, já citado anteriormente em diversas pesquisas, como Won e Lee (2018).

Constatada a dependência espacial na variável dependente ou entre os resíduos, é necessário aperfeiçoar o modelo tradicional, exemplificado na equação (1), tornando-o um modelo de análise espacial. Este trabalho utilizou como base os

modelos espaciais propostos por Dantas, Magalhães e Vergolino (2010) e Won e Lee (2018).

Estas pesquisas discorrem primeiramente sobre o modelo espacial mais comum, o SAR – Spatial Autoregressive Model. De acordo com Lesage e Pace (2009), agentes econômicos costumam tomar decisões correntes que são influenciadas pelo comportamento de outros agentes em períodos anteriores. Logo, este modelo possui a seguinte forma para o caso linear:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon \quad (5)$$

Primeiramente, é notável que este modelo insere o termo de defasagem espacial na variável dependente, assim como pode ser visto em alguns trabalhos que a utilizam como variável instrumental. Segundo, ρ é o coeficiente do termo defasado e tem como função precificar as interações espaciais. A não-significância de ρ implica na utilização do MQO (Seabra, Silveira Neto e Menezes, 2016), pois significa que as interações espaciais não representam adequadamente os preços de aluguel. Por último, W é uma matriz arbitrária de pesos, a mesma usada para os testes de dependência espacial.

Apesar de o SAR ser um abordagem interessante sobre o tema, os coeficientes β não são suficientes para mensurar os efeitos totais das variáveis independentes sobre o aluguel de um determinado imóvel, por exemplo, mas sim, a soma do efeito direto da variável observada e do efeito indireto da mesma variável dos demais vizinhos presentes na amostra.

Há também a possibilidade de a dependência espacial estar presente dos erros, o que torna plausível a apresentação de outros modelos, como o SEM - Spatial Error Model, que apresenta uma modelagem autorregressiva para o erro desta forma:

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (6)$$

Onde W é matriz arbitrária de pesos, e λ é o coeficiente de ajustamento do erro. Segundo Almeida (2012), o significado intuitivo desse modelo é que o padrão espacial manifestado no termo de erro é dado por efeitos não modelados por conta da falta de medida adequada, que por sua vez estão espacialmente correlacionados. Neste modelo, a variável dependente *y* é influenciada também pelos erros não mensurados de todos os dados ao redor, o que acaba formando um sistema de propagação do efeito atingindo a amostra em geral, mas com uma intensidade decrescente à medida que se afasta do epicentro da ocorrência da inovação causador do choque. Contudo,

ainda de acordo com Almeida (2012), a interpretação dos coeficientes β não é afetada, permanecendo inalterada, ou seja, o efeito total é captado diretamente no modelo.

Especificamente sobre a matriz W de pesos, Lesage e Pace (2009) indicam a utilização da matriz Queen ou Rook, nomes relacionados ao posicionamento dos vizinhos, como num tabuleiro de xadrez. Contudo, como aponta Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), já que nesta pesquisa os dados são relativos a unidades muito particionadas (imóveis), não cabe no estudo a utilização destas matrizes. Por outro lado, os autores colocam como possíveis soluções a matriz de k-vizinhos mais próximos, proposta por Anselin (2013), ou a matriz de vizinhança baseada num raio de proximidade cada vez menor, observado por Gerardi *et al*. (2015). Olhando para Recife, Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016) utilizam uma matriz de pesos considerando um raio de 1,5Km, enquanto Dantas, Magalhães e Vergolino (2007 e 2010), o inverso da distância entre os imóveis da amostra.

Ainda sobre o modelo SAR e derivados dele, os coeficientes resultantes da estimação possuem uma interpretação incomum devido a presença de interação entre os imóveis. Lesage e Pace (2009) afirmam que os estimadores devem ser divididos em impactos diretos, indiretos e totais, e interpretado igualmente a um MQO. Pode-se definir os impactos da seguinte maneira:

i. Impacto direto: Medida média dos efeitos da observação i sobre ela mesma e é dado pelo traço da diagonal principal de $S_r(W)$, a qual tem a seguinte forma:

$$S_r(W) = (I_n - \rho W)^{-1} I_n \beta_r \quad (7)$$

Logo, $\bar{M}(r)_{direto} = n^{-1} tr[S_r(W)]$, sendo n o número de observações.

ii. Impacto total: Efeito médio de todas os imóveis j presentes na matriz de vizinhança sobre o imóvel i incluindo seu próprio efeito. Este efeito é obtido da seguinte forma: $\bar{M}(r)_{total} = n^{-1} i_n'^{S_r(W) i_n}$ onde i_n é o um vetor coluna unitário.

iii. Impacto Indireto: Efeito médio dos vizinhos sobre o imóvel i (sem considerar ele próprio). Este efeito é dado por $\bar{M}(r)_{ind} = \bar{M}(r)_{tot} - \bar{M}(r)_{direto}$.

Por fim, utilizando a abordagem de Dantas, Magalhães e Vergolino (2010), uma maneira de escolher o modelo a adotar, além dos testes de dependência espacial (LM

Robust), é pela utilização dos critérios de informação de AIC – Akaike e SC – bayesiano de Schwartz. A estimativa de AIC para um dado modelo é dada por:

$$AIC = -2L + 2k \quad (8)$$

no qual L é o máximo do logaritmo natural da função de verossimilhança, e k o número de parâmetros. Já a estimativa SC, cuja a diferença para a dedução do AIC tem uma origem num pressuposto teórico, possui a fórmula:

$$SC = -2L + 2k\ ln(n) \quad (9)$$

no qual n é o número de observações. Na escolha de modelos espaciais, o melhor será aquele com menores valores encontrados para AIC e SC.

4 DADOS

Esta pesquisa utilizou uma base de dados com 269 imóveis residências distribuídas pela RPAs 3, 4 e 6[4], mais conhecidas como Zona Norte e Sul da Região Metropolitana de Recife, cujas informações fornecidas pela prefeitura destas regiões foram compiladas na tabela 1 e que já foi citada na introdução a possível motivação para a concentração nessas regiões e a empresa fornecedora dos dados.

Tabela 1 - Números das RPAs[5]

Região	Pop. Residente	Densidade Demográfica[6]	IDHM
RPA 1	78.114	3,53 a 178,51	0,632 a 0,917
RPA 2	221.234	79,53 a 245,74	0,697 a 0,917
RPA 3	312.909	1,37 a 298,40	0,691 a 0,953
RPA 4	278.947	5,25 a 190,53	0,698 a 0,904
RPA 5	263.778	20,56 a 269,45	0,686 a 0,930
RPA 6	382.650	46,38 a 302,81	0,695 a 0,964

Fonte: Elaboração própria, dados obtidos pelo CENSO 2010 e pelo Atlas de Desenvolvimento Humano do Recife (2005).

Com base nos dados do relatório de locação residencial da Fipe relativo a janeiro de 2020 para toda a cidade Recife, foram encontrados um total de 5656 anúncios de locação. Considerando uma distribuição normal, uma amostra de 269 anúncios pode ser considerada representativa para toda a cidade ao nível de confiabilidade de 90% incluindo uma margem de erro de 5% nas estatísticas

[4] Houveram algumas extrapolações quanto a região, mas estas são favoráveis ao modelo dada a proximidade delas com as regiões de estudo e por serem mais uma fonte de informação para a regressão.
[5] Os dados de Densidade demográfica e IDHM variam de acordo com o bairro.
[6] Em Habitantes por Hectare.

descritivas dos dados. Logo, tratando-se apenas de 39 bairros na amostra frente ao total de 94 bairros da cidade, pode-se afirmar no mínimo o mesmo para a região em estudo. A amostra foi fornecida pela maior imobiliária do Estado e segunda maior da região Nordeste, Âncora Imobiliária com décadas de experiência no ramo de locação.

A utilização destes dados qualificados traz algumas vantagens à pesquisa quando comparado com a coleta comumente feita em outros trabalhos da literatura. Por se tratar de uma empresa conceituada cenário nacional, as informações de cada imóvel são controladas de maneira cautelosa, com todos as informações documentadas e verificadas, o que ajuda na negociação com o consumidor. Quando coletado anúncios de sites ou outros meios, há a temeridade deles estarem desatualizados com informações imprecisas ou escassas, o que é totalmente desestimulado dentro de uma administradora profissional. Basta notar no Quadro 1 a quantidade de variáveis que foram possíveis obter do registro da empresa. São poucos os trabalhos na literatura que buscam trabalhar com tal fonte de dados, visto aqui apenas em trabalhos internacionais.

Quadro 1 - Variáveis do Modelo

NOME	SIGLA	DEFINIÇÃO	FONTE
Preço do Aluguel	*p ou Alug*	Valor disponibilizado pelo Imobiliária (*Asking Rents)* – em Reais.	Imobiliária Âncora
Andar	*andar*	Variável Quantitativa discreta	Imobiliária Âncora
Área útil	*area*	Área do imóvel - em m².	Imobiliária Âncora
Mobiliado	*mobiliado*	*Dummy* (sim = 1)	Imobiliária Âncora
Número de Quartos	*quartos*	Variável Quantitativa discreta	Imobiliária Âncora
Banheiros	*banheiros*	Variável Quantitativa discreta	Imobiliária Âncora
Vagas de garagem	*vagas*	Variável Quantitativa discreta	Imobiliária Âncora
Vista p/ mar	*vmar*	*Dummy* (sim = 1)	Imobiliária Âncora
Vista p/ rio	*vrio*	*Dummy* (sim = 1)	Imobiliária Âncora
Distância ao centro	*dcentro*	Distância ao Centro do Recife – em Km.	Georreferenciamento (Software QGis)
Distância à praia	*dpraia*	Distância ao litoral – em Km.	Georreferenciamento (Software QGis)

Distância ao rio	*drio*	Distância ao Rio Capibaribe – em Km.	Georreferenciamento (Software QGis)
Distância ao parque	*dparque*	Distância aos Parques da Jaqueira e Dona lindu – em Km.	Georreferenciamento (Software QGis)
Distância às ZEIS	*dzeis*	Distância às Zonas Especiais de Interesse Social – em Km.	Georreferenciamento (Software QGis)

Apesar de terem sido fornecidos dados históricos da empresa, as discrepâncias de preço e nas informações fizeram com que preferíssemos um corte temporal mais recente para pesquisa em acordo com o visto atualmente no mercado. Logo, passou-se a tratar a amostra sob a forma de corte transversal. Essa estrutura em corte transversal (*crossection*) decorre principalmente das características associadas ao mercado de ativos em análise, fundamentalmente marcado pela presença de ciclos relativamente longos. A base de dados é formada exclusivamente por imóveis em oferta no período de 2019 (na literatura internacional, conhecido como *asking rents*), cuja as informações foram obtidas diretamente dos imóveis em disposição, pois os indisponíveis, ou seja, já negociados, não poderiam ter suas informações compartilhadas aqui dado o privilégio de informação do locador.

Vale salientar também, o alcance das variáveis explicativas incorporadas no processo de modelagem para bens imóveis, o que tornou previsível a ocorrência de autocorrelação espacial, cujo risco fora alertado e diagnosticado por Hermann e Haddad (2005), Dantas, Magalhães e Vergolino (2007 e 2010), Seabra, Silveira-Neto e Menezes (2016) e Won e Lee (2017).

Optou-se por utilizar algumas das variáveis explicativas para as amenidades urbanas presentes nos seguintes trabalhos Hermann e Haddad (2005), Dantas, Magalhães e Vergolino (2007 e 2010), Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), como pode ser visto posterior nos resultados deste artigo, por diversos motivos. Primeiro, esta última pesquisa citada trabalha na mesma cidade, Recife, com considerável dispersão espacial dos dados. Observando os resultados da pesquisa da segunda, pode-se afirmar que o modelo é bem estimado, ainda com algumas ressalvas, e, por tanto, pode ser tomado como base para uma extensão. Do mesmo modo, o trabalho de Herman e Haddad aborda de maneira limpa e precisa o tratamento e a aplicabilidade do modelo de regressão múltipla, mesmo com a nuança de dependência espacial.

Segundo, com a mudança da variável dependente de preço de venda para aluguel ofertado, a equação resultante permitiu uma abordagem nova e um pouco mais valiosa devido ao tratamento dado ao banco de dados com qualidade e informações precisas visto a recorrência de indisponibilidade de acesso a grandes amostras. Estas normalmente não estão disponíveis ao público, e sim, como propriedade de uma empresa privada. E por fim, foi possível uma análise comparativa sobre o impacto das características físicas e amenidades urbanas de modo a obter novas perspectivas a respeito da preferência do consumidor, e consequentemente, pode-se ampliar a discussão sobre os resultados obtidos em demais pesquisas da literatura de preços hedônicos sobre os valores de aluguel e de venda também. Todas as variáveis relativas às amenidades[7] (*dpraia, drio, dcentro, dparque, dzeis)* foram coletadas por meio de distâncias aos respectivos polos de influência obtidas pelo software de georreferenciamento Qgis.

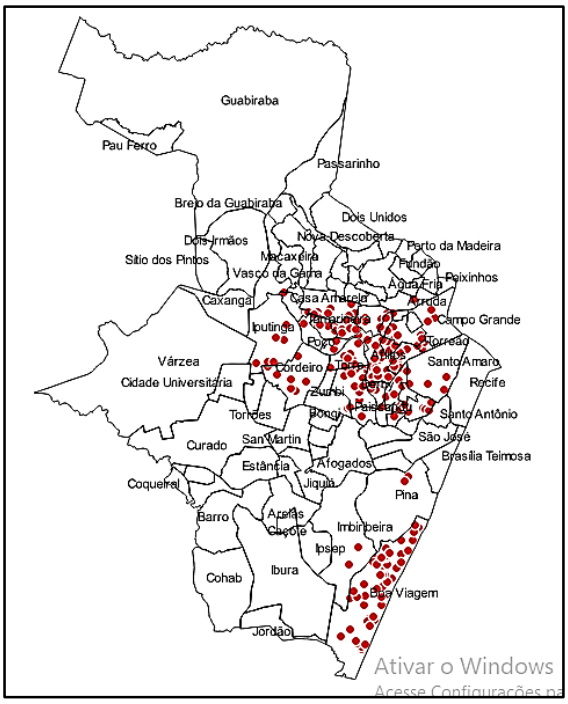
Aqui foi utilizado o que é chamado na literatura de *Asking Rents*, ou alugueis ofertados em português. Nela, foram incluídos os valores de IPTU por mês e Condomínio, quando não explicitado na oferta, já que o custo efetivo final é único sob a perspectiva do consumidor. Por simplificação, utiliza-se os termos “aluguel total mensal”, ou apenas “aluguel mensal”. Ressalte-se o uso desta variável dependente, pois, como afirma Dunse e Jones (1998), apesar dos alugueis efetivamente transacionados representarem a demanda do consumidor mais fielmente, eles podem trazer problemas relacionados a confidencialidade, períodos de vacância e outros incentivos, que, ao estarem em contrato, teriam que ser analisados minuciosamente de modo a apontar da maneira correta o impacto sobre a preferência do consumidor.

Neste sentido, Mills (1992) ainda afirma que para uma amostra grande, a diferença entre o aluguel efetivo e ofertado pode ser considerado constante em uma mesma região devido ao equilibro geral do mercado, o que implicaria apenas em uma “mera troca de unidades” e não impactaria nas conclusões gerais do modelo. Corroborando com a hipótese, Glascock *et al* (1990) citado por Dunse e Jones (1998), estudou a estabilidade de aluguéis negociados versus aluguéis ofertados e encontrou uma relação extremamente próxima entre as variáveis.

[7] Para ver mais detalhes sobre a escolha das amenidades urbanas, acessar as pesquisas de Dantas, Magalhães e Vergolino (2007) e Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016).

Para a construção das variáveis relativas às externalidades escolhidas para compor o modelo, foi necessário georreferenciar um a um dos 269 imóveis, pois o Qgis, ainda que seja um software bastante eficiente, sofre com problemas de precisão nos complementos necessários. Já as amenidades urbanas necessitaram de abordagens diferentes. Os parques e o centro foram georrefenciados por meio dos seus centroides, obtidos pelo Qgis. Já os recursos hídricos (praia ou orla de Boa Viagem, e o Rio Capibaribe) e as ZEIS, foram obtidos por meio de *shapefiles* fornecidos pela PCR. A etapa seguinte foi calcular a distância entre os dados da amostra para cada uma das amenidades citadas.

Figura 1 - Distribuição dos dados amostrais



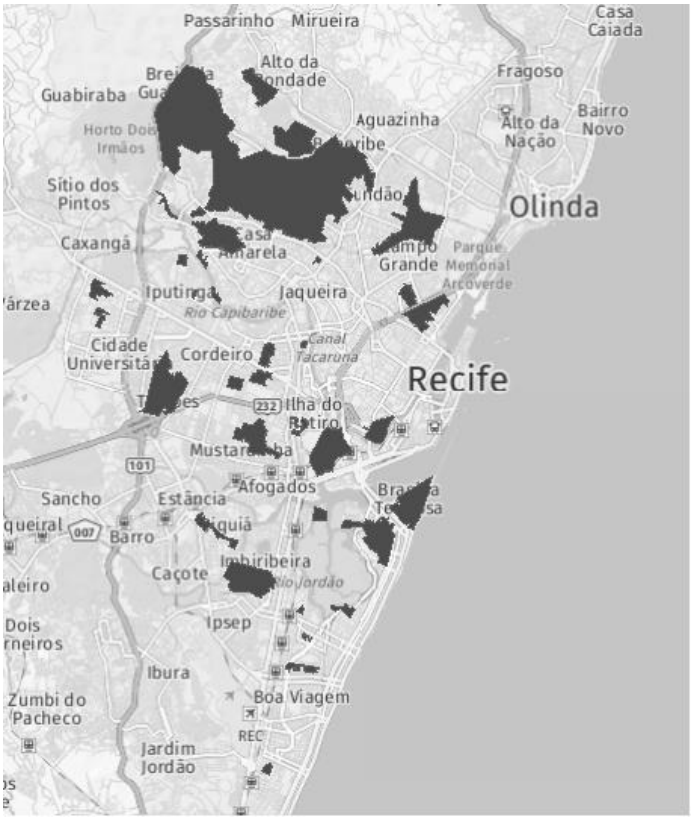
Fonte: Elaboração própria, dados da pesquisa (2019).

Segundo Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), além dos aspectos históricos associados a região, a escolha do Marco Zero como centro comercial e referência para a variável *dcentro* é pautada pela importância econômica da região para a cidade, pois nela estão situados os poderes administrativos do município e do estado de Pernambuco, empresas de saúde, tecnologia e diversos bancos. Contudo, não concordamos com os autores de que deve ser levada em consideração o quadrado da distância ao centro mesmo Recife sendo uma cidade monocêntricas.

Neste trabalho, espera-se um impacto linear da mesma sob o valor do aluguel, pois ele decresce apenas na periferia do Recife próxima às cidades vizinhas, o que

não está sendo observado na nossa amostra e pode impactar negativamente na representatividade do modelo. Ainda última pesquisa citada, os autores mencionam as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS)[8], assim denominadas pela Prefeitura, como pontos de influência de cada bairro associados. Igualmente concluímos que as ZEIS poderiam influenciar no valor dos alugueis próximos e por isso adotou-se esta variável no modelo. Considerando que estas comunidades devem preencher determinados requisitos, é verdade que o próprio mapa das ZEIS (figura 2) da prefeitura não abrange todas comunidades existentes.

Figura 2 - Mapa das ZEIS de Recife



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do Plano Diretor do Recife (2008).

. Como novidade desta pesquisa, foi inserida a *dummy* "mobiliado" referente ao estado de preenchimento interno da área útil do imóvel, visto que esta é uma característica importante e específica do mercado de locação, que não foi abordada em nenhuma pesquisa nacional dentro deste mesmo tema (aluguel residencial). Por exemplo, entre dois imóveis num mesmo edifício, a tendência é que maior valor seja

[8] Estabelecido pela prefeitura na lei municipal Nº 18.093/2014, "as ZEIS são áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda, surgidos espontaneamente, existentes, consolidados ou propostos pelo Poder Público, onde haja possibilidade de urbanização e regularização fundiária".

atribuído ao imóvel mobiliado. Logo, é esperado nos resultados um impacto positivo desta variável no valor do aluguel e este é também um exemplo de correlação espacial implícito na variável.

Como ponto negativo, a ausência de informações precisas a respeito da idade dos imóveis desde a construção, fez com que não adotássemos ela como variável independente no nosso modelo. A coleta individual de informações seria bastante onerosa em termos de tempo, e ainda assim havia o risco de vir imprecisa ou incompleta. Alguns métodos de consideração do tempo ainda foram discorridos e testados, como utilização de uma *dummy* para novo (1) ou velho (0), ou uma *proxy* de estado de conservação, mas, as variáveis se mostraram altamente correlacionadas com outras do modelo, além de pouco significativas, o que seria bastante improvável de ocorrer caso tivéssemos a verdadeira idade dos imóveis. Deste modo, prosseguimos sem a variável “idade”, sendo ainda possível obter resultados significativos e bem caracterizados.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis que foram utilizadas no modelo empírico, como um total de 269 observações de cada. Nenhum dado foi retirado da base de dados fornecida. Os imóveis em oferta nas zonas norte e sul da Recife em 2019 têm em média, um valor de aluguel equivalente a R$2170,18, uma área útil de 87,36 m², não-mobiliado, localizado no 7° andar com 2 ou 3 quartos, aproximadamente 2 banheiros, 1 vaga por apto. Quanto às variáveis extrínsecas ao apartamento, aproximadamente 12% deles têm vista para o mar, 6% tem vista para o Rio Capibaribe. O imóvel ficaria posicionado a uma distância de 3,5 Km do litoral recifense, 1,6Km do Rio Capibaribe, 2,3Km de um dos dois parques principais da cidade, a 5,24 Km do centro e a 700m de uma comunidade. Os desvios elevados se deram por causa da amostra limitada quando comparada as demais pesquisas nacionais sobre mercado imobiliário, além da variabilidade altas das características

Tabela 2 - Estatísticas descritivas das variáveis do modelo

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Aluguel mensal (R$)	2170,18	1174,76	10144,00	460
Área Útil (m²)	87,36	53,07	380	25
Andar (unit.)	7,33	6,89	35	0
Quartos(unit.)	2,50	0,88	4	1
Banheiros(unit.)	1,92	0,83	6	1
Vagas (unit.)	1,27	0,56	3	0

Mobiliado (sim =1)	0,12	0,32	1	0
Vista p/ Mar (sim = 1)	0,12	0,32	1	0
Vista p/ Rio (sim = 1)	0,06	0,24	1	0
Dist. Praia (Km)	3,52	2,34	10,14	0,041
Dist. Rio (Km)	1,64	1,68	6,67	0,03
Dist. Parques (Km)	2,28	1,38	8,20	0,19
Dist. Centro (Km)	5,24	2,04	10,54	1,13
Dist. Zeis (Km)	0,761	0,354	1,86	0,098

Fonte: Elaboração própria, dados fornecidos e *shapefiles* da Prefeitura do Recife (2019).

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação junto com o valor do VIF para apreciação de possíveis problemas de multicolinearidade. É possível inferir que há uma forte correlação entre área útil e o valor do aluguel, o que está de acordo com o esperado, pois é natural que imóveis maiores sejam mais valorizados, contudo talvez com uma intensidade distinta quando comparada ao valor de venda. O metro quadrado para venda deve valer mais do que o valor do m² para aluguel. O valor médio do metro quadrado para aluguel nesta pesquisa foi estimado em R$27,67/m², muito próximo do que foi constatado pela FIPE (janeiro/2020) para Recife no valor de R$30,31/m². Outras variáveis que apresentaram correlações consideráveis com outras duas, ou até mesmo entre si, foram o número de quartos, de banheiros e vagas, que se associam facilmente ao tamanho da área útil ou ao valor do aluguel. Por isso, o cálculo do VIF, Fator de inflação da variância, para nos certificarmos da existência ou não de multicolinearidade entre as variáveis dependentes.

Tabela 3 - Matriz de Correlações e VIF

	Alug. Mensal	Ár. útil	Andar	Quartos	Banh.	Mobil.	Vmar	Vagas	Vrio	Dpraia	Drio	Dparq.	Dcent.	Dzeis	VIF
Alug. Mensal	1,00														
Ár. Útil	0,70	1,00													3,66
Andar	0,29	-0,06	1,00												1,57
Quartos	0,60	0,75	-0,02	1,00											2,78
Banh.	0,66	0,65	0,17	0,57	1,00										2,20
Mobil.	-0,02	-0,20	0,28	-0,38	-0,09	1,00									1,39
Vmar	0,31	0,20	0,39	0,04	0,16	0,29	1,00								1,68
Vagas	0,68	0,65	0,18	0,55	0,60	-0,11	0,19	1,00							2,10
Vrio	0,13	0,07	0,10	0,02	0,08	0,05	0,10	0,10	1,00						1,20
Dpraia	-0,16	-0,05	-0,14	0,06	0,08	-0,14	-0,38	0,01	-0,08	1,00					4,93
Drio	0,05	0,11	-0,03	0,06	-0,03	0,02	0,29	0,06	-0,23	-0,58	1,00				9,39
Dparq.	-0,37	-0,24	-0,05	-0,24	-0,13	0,11	0,10	-0,21	0,11	-0,01	0,03	1,00			1,26
Dcent.	0,01	0,13	-0,14	0,11	0,12	-0,04	0,11	0,12	-0,27	0,07	0,70	0,06	1,00		6,51
Dzeis	0,10	0,11	-0,08	0,06	-0,04	-0,09	0,05	-0,01	0,06	-0,18	-0,04	-0,28	-0,28	1,00	1,32

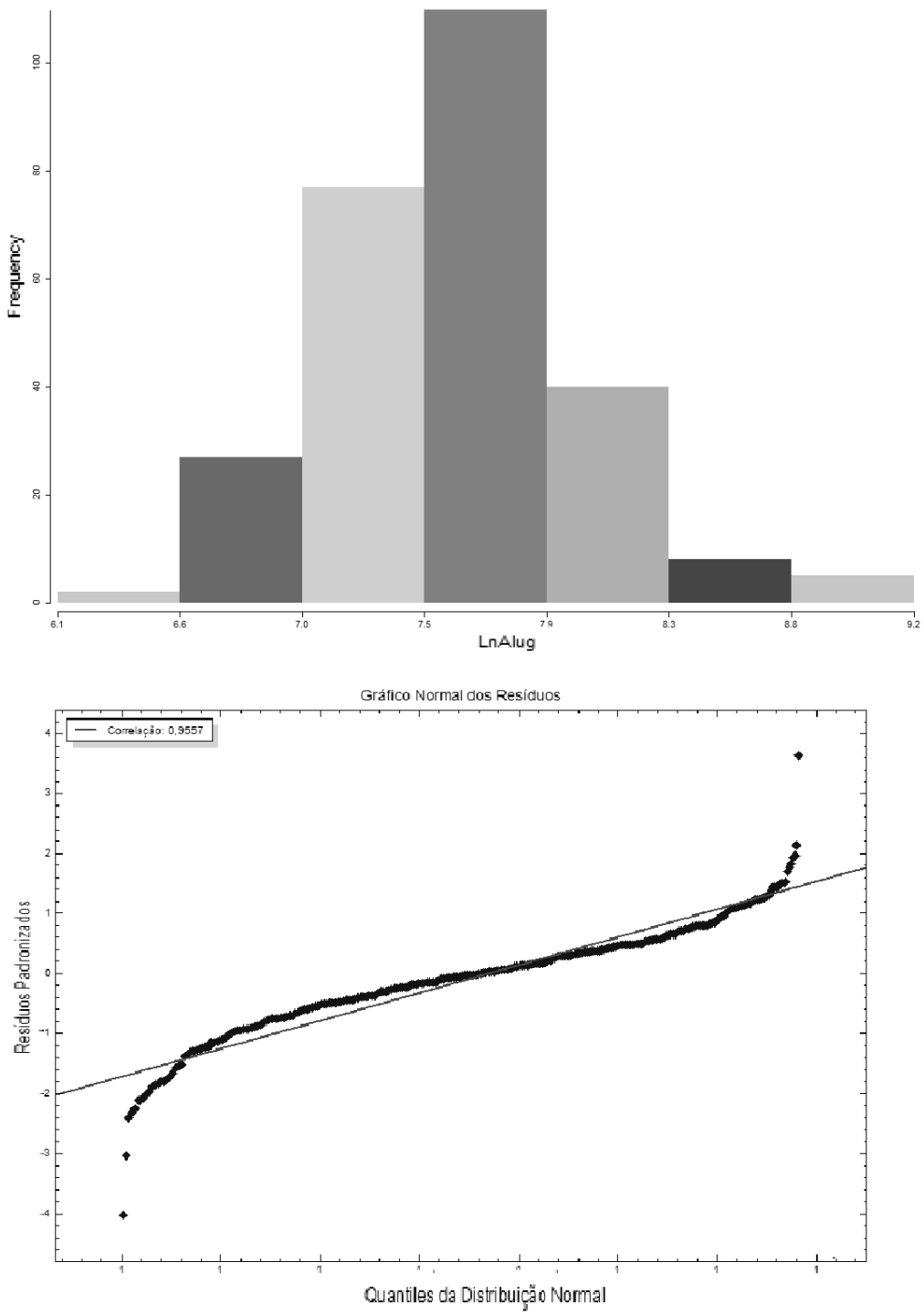
Dentre as amenidades naturais e urbanas, poucas delas apresentaram correlações consideráveis. Podemos destacar a correlação negativa entre a distância ao litoral e ao Rio, pois, assim como encontrado por Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016), há um sinal de *tradeoff* entre escolher alugar um imóvel próximo da praia ou do rio, visto que as regiões da cidade exploradas nesta pesquisa são opostas e tem como referência o Rio Capibaribe para a zona norte e o mar para a zona sul de Recife. Outra correlação que chamou a atenção foi entre Dcentro e Drio, o que vai de acordo com o esperado, pois o centro da cidade de Recife fica localizado muito próximo ao rio. Sendo assim, imóveis alugados próximos ao centro do Recife estão próximos ao Rio Capibaribe também.

Por fim, observou-se algumas correlações ainda inferiores a 0,75, mas que podem acabar influenciando na estimação. Optou-se por calcular o fator de inflação de variância, cujo resultado acima de 10 já indica forte correlação, quando se aconselharia substituir ou retirar a variável do modelo. Neste estudo, a única variável que apresentou VIF realmente alto foi distância ao rio, mas ainda inferior a 10 e, somado a isto, as correlações individuais foram baixas. Logo, mesmo mantendo esta variável, o modelo não deve sofrer com problemas de multicolinearidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 4, pode-se observar a distribuição normal sob a perspectiva da variável dependente, na imagem à esquerda, e o ajuste acertado dos resíduos padronizados, apesar de existirem poucas observações mal ajustadas, o que já era esperado devido ao tamanho da amostra. Contudo, assim como no trabalho de Hermann e Haddad (2005), há sinais de heterocedasticidade a qual os autores não optaram por fazer uma análise mais aprofundada sob a justificativa de que os efeitos se restringiram à confiabilidade do nível de significância dos parâmetros, sem provocar nenhum viés sobre as estimativas e suas consistências.

Figura 4 - Histograma da variável dependente transformada e gráfico normal dos resíduos

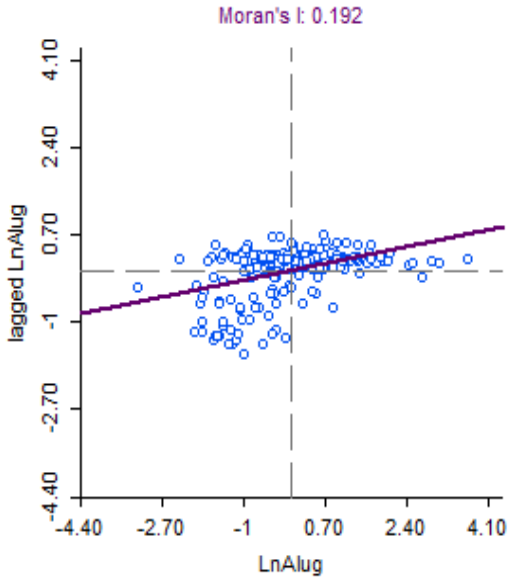


Fonte: Elaboração própria, com auxílio dos Softwares GeoDa e SAB.

Posteriormente, para que fosse possível verificar a existência de dependência espacial, foi feita a análise do índice global de Moran, a partir de uma matriz de pesos

utilizando o inverso da distância dos vizinhos considerando em um raio de 1,5Km. O resultado pode ser observado na Figura 3, incluindo o diagrama de espalhamento para apreciação.

Figura 3 - Índice global de Moran e diagrama de espalhamento



Verifica-se que o índice sugere a existência de dependência espacial, pois o imóvel em observação seria aproximadamente 20% similar aos vizinhos, o que é um valor considerável na literatura de mercado imobiliário, conforme Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016). O diagrama de espalhamento aponta que a média com relação aos vizinhos da variável dependente é geralmente um pouco maior do que o valor da variável dependente em questão. Ou seja, para a amostra desta pesquisa, a média do preço do aluguel considerando os vizinhos no raio de 1,5km é superior ao do imóvel escolhido.

Posteriormente, o teste do I de Moran sobre os erros foi realizado, como apresentado na Tabela 4, adotando a mesma matriz de pesos. O teste foi bastante significante o que indica a existência de correlação espacial entre as observações. Sendo assim, o modelo OLS para preços hedônicos nesta pesquisa não seria o mais apropriado. Logo em seguida, os testes dos multiplicadores de Lagrange foram realizados para que fosse possível identificar qual o provável modelo de regressão espacial (SAR ou SEM) mais adequado para o trabalho, como foi apontado por Dantas, Magalhães e Vergolino (2010) e Anselin (2014).

A Tabela 4 revela que, apesar de todos os testes dos multiplicadores de Lagrange terem sidos significativos a 1%, o teste Robust LM (Error) foi significativo ao nível de 10%. Por tanto, há fortes indícios de que o modelo espacial mais adequado para esta pesquisa é o modelo de erro espacial (SEM), o que facilita as deduções a respeito do impacto das variáveis no aluguel.

Tabela 4 - Diagnóstico de dependência espacial

	MI/DF	z-value	p-value
Morran's I (error)	0,0865	6,2801	0,0001
Lagrange Multiplier (Lag)	1	14,2541	0,0002
Robust LM (lag)	1	1,6965	0,1928
Lagrange Multiplier (Error)	1	15,4155	0,0001
Robust LM (Error)	1	2,8579	0,0909
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	17,1119	0,0002

Fonte: Elaboração própria, com auxílio do software GeoDa.

Outro aspecto importante é que se utilizando os critérios de Akaike (AIC) e de Schwartz (SC), os valores obtidos para o modelo espacial foram inferiores aos encontrados no modelo tradicional, como apresentado na Tabela 5, o que indica a melhoria do ajustamento pela metodologia de econometria espacial e corrobora com a utilização do SEM como modelo espacial principal para análise dos efeitos das características sobre o valor do aluguel.

Tabela 5 - Critérios de Akaike (AIC) e Schwartz (SC) para seleção do modelo

Critério	OLS	SAR	SEM
AIC	2,0192	-6,5817	-9,9987
SC	52,3452	47,339	40,3286

Fonte: Elaboração própria, com auxílio do software GeoDa.

A Tabela 6 expõe o resultado das estimações do modelo OLS, e dos modelos espaciais SAR e SEM. Em todos os modelos a variável dependente correspondeu ao logaritmo natural do aluguel mensal como variável dependente. Todos os modelos apresentaram normalidade na distribuição dos resíduos ao serem analisados os respectivos histogramas e também não apresentaram problema de multicolinearidade.

Tabela 6 - Resultados das estimações dos modelos

Variável	OLS	SAR	SEM
Intercepto	6,906***	4,193***	6,851***
	(0,098)	(0,822)	(0,117)
Area	0,002***	0,002***	0,002***
	(0,0005)	(0,0005)	(0,0005)
Andar	0,011***	0,011***	0,011***
	(0,002)	(0,002)	(0,002)
Quartos	0,077***	0,078***	0,081***
	(0,027)	(0,026)	(0,026)
Banheiros	0,108***	0,106***	0,106***
	(0,025)	(0,024)	(0,024)
Mobiliado	0,081	0,083*	0,085*
	(0,052)	(0,050)	(0,050)
Vagas	0,173***	0,169***	0,172***
	(0,037)	(0,035)	(0,035)
Vmar	0,081	0,080	0,086
	(0,057)	(0,055)	(0,054)
Vrio	0,034	0,052	0,055
	(0,067)	(0,064)	(0,067)
Dpraia	-0,062***	-0,041***	-0,061***
	(0,014)	(0,014)	(0,020)
Drio	-0,091***	-0,067***	-0,094***
	(0,026)	(0,027)	(0,035)
Dparque	-0,065***	-0,028*	-0,066**
	(0,012)	(0,016)	(0,017)
Dcentro	0,047***	0,033*	0,052**
	(0,018)	(0,018)	(0,063)
Dzeis	0,027	0,056	0,063
	(0,046)	(0,045)	(0,046)
Rho (ρ)	-	0,337***	-
		(0,102)	
Lambda (λ)	-	-	0,472***
			(0,121)

Fonte: Elaboração própria com auxílio do GeoDa.
*** Significante a 1%; ** Significante a 5%; * Significante a 10%.
A variável dependente é o logaritmo natural do valor do aluguel mensal.
Desvio-padrão entre parênteses.

Os modelos finais tiveram poder de explicação elevado entre 70% e 76%. O R^2 ajustado e o teste da razão da verossimilhança sugerem também que os modelos espaciais se destacam perante os modelos de regressão linear. Após analisar na seção anterior o VIF de cada variável explicativa, não foi constatado nenhuma evidência de multicolinearidade em qualquer um dos modelos apresentados na Tabela 6.

Observando os resultados dos modelos espaciais, a significância dos parâmetros ρ e λ é primordial para que a metodologia espacial seja adotada. Então, como ambos os parâmetros foram significantes, a possibilidade de que abordagem espacial seja a mais apropriada ao invés da regressão tradicional aumenta muito. Isto corrobora com o resultado obtido para o teste de Moran, visto anteriormente. Ao se comparar os modelos SAR e SEM, observa-se que os dois têm estimativas parecidas para os coeficientes, tendo uma variação maior apenas no intercepto. Particularmente, o modelo SEM obteve uma significância maior paras as variáveis Dparque e Dcentro, o que, associado aos testes dos multiplicadores de Lagrange e aos critérios de informação de Akaike e Schwartz, corrobora com a ideia do Spatial Error Model (SEM) ser o mais indicado entre os modelos de regressão espacial aqui discutidos.

Os resultados do modelo OLS seguem a linha do modelo espacial com os sinais dos coeficientes indo de acordo com as expectativas, o que não é incomum na comparação dos três modelos, pois conclusões similares podem ser encontradas nos trabalhos de Dantas, Magalhães e Vergolino (2010) e Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016). Esperava-se, assim como encontrado nos resultados, que as variáveis de distância à praia, ao rio e ao parque tivessem um impacto negativo nos preços dos aluguéis, pois quanto menor a distância a estas amenidades, maior tende a ser o aluguel mensal. Já o contrário era esperado para as variáveis distância ao centro e distância às ZEIS, assim como para as variáveis intrínsecas dos imóveis.

O impacto positivo no valor do aluguel para a distância ao centro de Recife chama a atenção, pois, como constatado por Hermann e Haddad (2005), normalmente imóveis próximos aos centros comerciais em outras cidades, como São Paulo, tendem a ter um maior valor para o aluguel. Isto provavelmente se deve ao fato de que o centro de Recife, onde se encontra o marco zero, foi um dos primeiros locais a serem povoados da cidade com registros do século XVI.

A região é predominante composta por prédios antigos que se tornaram imóveis estritamente comerciais e, como parte da expansão natural da região, todos os bairros vizinhos possuem imóveis de mesma característica e, por outro lado, poucos prédios residenciais novos. Desta forma, considerando que a região hoje se tornou pouco povoada em horários não-comerciais e distante dos demais bairros residenciais valorizados da cidade, o centro do Recife sofre com externalidades urbanas (violência, falta de infraestrutura para moradia, entre outras.) que devem afetar negativamente o

valor dos imóveis, sendo a preferência do consumidor morar mais distante da região, um dos resultados apontados por Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016).

Como respaldado anteriormente na metodologia por Lesage e Pace (2009), Almeida (2012) e Anselin (2013), já que se constatou que o modelo SEM é o mais indicado para analisar o impacto das variáveis independentes no valor do aluguel, então podemos fazer uma análise direta dos coeficientes, como é feito também no modelo OLS, e mais simples do que o modelo SAR que, além dos efeitos diretos, considera também os efeitos indiretos dos imóveis vizinhos, o que torna as estimativas mais complicadas de serem obtidas.

Todas as variáveis estruturais são fortemente significativas para explicar o valor do aluguel, exceto a variável “mobiliado” que ainda foi significante ao nível de 10%. Em particular, a variação de 1 andar de altura impacta em aproximadamente 1% o valor aluguel. Isto é uma tendência esperada para a cidade, visto que predomina o clima quente durante o ano e forte concentração e verticalização nas regiões mais valorizadas, como as zonas norte e sul da cidade, levam o consumidor a buscar por andares cada vez mais altos de modo a obter uma melhor circulação do ar e uma vista mais limpa, como pode ser observado o impacto positivo das variáveis de vista para o mar e para o rio mesmo elas não tendo sido significantes a pelo menos 10%.

A área útil apresentou um impacto curioso de apenas 0,2% no valor do aluguel por metro quadrado extra no imóvel. Nesta pesquisa, o tamanho médio dos imóveis disponíveis para locação foi de aproximadamente 87m², podendo variar até 140m² dentro do desvio padrão. Observa-se uma considerável redução da média da área dos apartamentos quando comparado ao encontrado nas estatísticas descritivas da pesquisa de Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016) com ampla base de dados, com área média de 130m² podendo chegar a 210 m², cerca de 50% a mais na média.

Naturalmente, um apartamento com maior número de quartos, banheiros e vagas deve possuir um maior valor de aluguel do que o vizinho com um menor número. De maneira análoga, um consumidor que esteja interessado a alugar um imóvel com mais estrutura também vai estar disposto a pagar mais caro por ela. No modelo, cada unidade a mais, os quartos, banheiros e vagas valorizam o aluguel em 8%, 11% e 17%, respectivamente.

Uma característica pouco abordada em modelos que estudam o valor de venda dos imóveis é a questão da mobília interna do imóvel. Um apartamento mobiliado

tende a ser 8% mais caro do que um imóvel “na planta”. Pela lógica, apartamentos mobiliados disponíveis para locação tendem a ser alugados mais rapidamente, ou seja, apartamentos mobiliados têm maior demanda. Isto se deve provavelmente aos possíveis perfis do consumidor locador, que opta pelo aluguel ou por estar na região de forma temporária ou porque não possui capital para comprar um imóvel ou ainda porque vê o aluguel como uma oportunidade de investimento. De toda forma, em acordo com a teoria econômica da preferência do consumidor, o indivíduo, neste caso, o locador, vai sempre procurar o melhor custo-benefício dentro da sua renda.

Sobre as amenidades naturais e urbanas, os resultados indicam que o aluguel se torna aproximadamente 6% mais barato para cada quilômetro de distância da praia e 9% mais barato por quilômetro de distância do litoral recifense, cerca de 33% de diferença. Estes resultados nos levam a concluir que há uma preferência do consumidor em morar mais próximo ao rio ao invés de morar próximo à praia. Isto também foi encontrado na pesquisa de Seabra, Silveira Neto e Menezes (2016). De acordo com os autores, uma provável justificativa reside no processo de urbanização da cidade. Enquanto o início do povoamento da zona norte do Recife, próxima ao Rio Capibaribe, é datado a partir do século XVI, a ocupação da zona sul, ou seja, os bairros mais próximos ao litoral, ocorreu a partir de meados dos anos 1920.

A variável distância ao centro, já abordada anteriormente, indica que a cada quilômetro mais distante, o preço de aluguel de um mesmo imóvel varia positivamente em 8%. Algo similar era esperado para as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), contudo a variável Dzeis não foi significante no modelo, apesar de indicar um impacto positivo à medida que se distancia das ZEIS. A não-significância provavelmente se deu pelo fato que o grande número de ZEIS georrefenciadas pela Prefeitura do Recife, o que não permitiu uma variação ampla da distância dos imóveis às respectivas ZEIS mais influentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou os efeitos das características intrínsecas, das amenidades urbanas e naturais sobre os valores de aluguel nas zonas norte e sul da cidade do Recife, a partir da metodologia espacial de preços hedônicos. Recife, como aprofundado na introdução, se destaca no mercado de locação da região Nordeste, segundo a FIPE (janeiro de 2020) com o maior valor do metro quadrado médio, a

maior valorização do metro quadrado e segundo maior número de anúncios da região dentre todas as capitais nordestinas para o ano de 2020. A capital pernambucana também possui notáveis características geográficas como a forte influência do mar e dos rios, que podem ser observadas ao analisar as zonas norte e sul aqui descritas, na sua formação e no desenvolvimento histórico da cidade. Nesta linha, esta pesquisa se destacou em alguns pontos.

Este trabalho é pioneiro na Região por usar dados de locação e não de vendas. Buscou-se compreender a formação dos preços de aluguel de apartamentos residenciais na cidade do Recife. À nível nacional, também foram poucos os trabalhos encontrados com este número de variáveis para estudar o mercado de locação, e parte disto se deve ao fato de que estes dados não costumam estar disponíveis com facilidade para o público. A principal diferença entre esta pesquisa e as demais citadas é a utilização metodologia espacial e sua correção à equação do valor do aluguel, possivelmente o primeiro estudo deste tipo do Brasil, cuja importância vem crescendo à medida que o consumidor busca novas alternativas para alocar o capital, como foi discutido anteriormente na introdução.

Outro ponto a destacar foi a análise específica de algumas variáveis influentes nos preços de aluguel frente aos resultados de outras pesquisas sobre o mercado de aquisição de imóveis local, permitindo ampliar a discussão a respeito da preferência do consumidor, o que é de interesse dos investidores deste ramo. Por fim, na revisão de literatura foi possível observar a evolução das pesquisas juntamente com o mercado de locação e suas novas vertentes. Então, esta pesquisa também pode ser ampliada para os mercados de economia compartilhada, Airbnb, por exemplo, ou espaços comerciais compartilhados, denominados de *Coworking*.

A maior parte das variáveis se mostraram importantes no processo de estimação dos preços de aluguel. Somente as variáveis de vista para o mar (vmar), vista para o rio (vrio) e a de distância às Zeis (DZeis) não foram consideradas significantes. Os resultados encontrados seguem os demais resultados da literatura para precificação das variáveis. Todas as variáveis estruturais tiveram impacto positivo, com destaque para as variáveis de mobília e área útil, que trouxeram informações importantes para o estudo. A ênfase à variável mobília deve-se ao fato de que esta pesquisa é a primeira a considerá-la nas estimações de um modelo, além de ter sido constatado o impacto significativo na valoração do aluguel.

A variável mobília de apartamento em oferta se mostrou realmente importante para o modelo, mas fica um questionamento: Será que é melhor arquitetar todo o imóvel e restringir o número de possível locadores ou seria melhor deixa-lo como na planta? Esta pergunta não é facilmente respondida, pois cabe uma pesquisa de mercado mais aprofundada para que seja possível saber o ponto ótimo desta escolha. Alguns autores discutem isso em sua literatura, mas normalmente a variável mobília ou infraestrutura interna associada aos imóveis comerciais, que devem ter um impacto maior associado. Outra contribuição importante deve-se ao fato de que esta pesquisa é a primeira a considerá-la nas estimações de um modelo de locação residencial, além de ter sido constatado o impacto significativo na valoração do aluguel.

Dentre as variáveis extrínsecas, ou seja, as amenidades naturais e urbanas, vale ressaltar os sentidos negativos dos impactos das variáveis de distância do litoral, do rio e dos parques, assim como os positivos das variáveis de distância ao centro e às Zeis. Exceto da DZeis, todas elas apontaram de maneira precisa para o posicionamento geográfico que o consumidor almeja ao procurar um imóvel, o que era um dos objetivos dessa pesquisa. Deste modo, é possível constatar uma tendência de concentração nos bairros mais próximos aos pontos de influência citados anteriormente. Então, sugere-se para a Prefeitura do Recife que o plano diretor da cidade seja revisado de forma que a construção de edifícios em terrenos cada vez menores nas áreas aqui estudadas não instigue mais uma amenidade negativa dado um desconforto urbano provocado pelo potencial agrupamento excessivo da população quando é evidente uma discrepância estrutural urbana com relação aos bairros vizinhos, onde há uma oportunidade de expansão mais uniforme.

Quanto ao resultado observado para a variável área útil, é comum o consumidor médio atribuir um impacto proporcional do valor do metro quadrado de venda ao valor relativo do aluguel, contudo não condiz com o descoberto na pesquisa. Concluiu-se que, de acordo com a preferência média do locado, ele busca o imóvel com melhor distribuição possível, ou seja, aquele que preenche todas as exigências sem necessariamente tomar como referência o tamanho, visto que um apartamento maior está associado a custos maiores de aluguel em geral, como observado na pesquisa. Isto é diferente para o indivíduo comprador, que associa de modo pouco mais impactante o tamanho de um apartamento ao conforto familiar, e pode ser observado na proporção em a área útil impacta no valor do aluguel e como seria no valor da

aquisição, em outros trabalhos, quando comparado às demais variáveis do modelo. Por tanto, esta dedução anterior indica que as empresas do ramo de locação precisam desenvolver mais estudos sobre o tipo de consumidor com que trabalham e em qual região estão. Do mesmo modo, fica como sugestão para uma próxima pesquisa.

Apesar deste estudo ter cumprido seu objetivo, algumas limitações podem ser corrigidas em uma futura pesquisa. Primeiro, o número de observações na base de dados deve ser ampliado, além de que outros métodos de estimação espacial podem ser abordados para que novos questionamentos sobre os resultados apareçam. Segundo, devido à falta de dados, algumas variáveis explicativas amplamente utilizadas na literatura, como idade do imóvel, violência na região e condição do imóvel, não foram consideradas no trabalho. Terceiro, há um viés de seleção na amostra dado que aqueles investidores de imóveis que recorreram à Âncora para administrar suas locações tendem a ter mais acesso à educação e renda, fatores preponderantes no cálculo do IDH, cujos os níveis mais elevados estão nas regiões de estudo. Outro ponto é que não foi ampliada a discussão a respeito do problema de heterocedasticidade citado anteriormente, pois ele não afeta o viés e a consistência dos coeficientes estimados, mas também pode ser aperfeiçoado numa próxima pesquisa. Por fim, como já apontado na metodologia, os preços aqui utilizados são preços de oferta, o que pode gerar resultados levemente diferentes quando comparados aos de venda numa amostra de mesmo tamanho.

Em uma perspectiva mais ampla, o mercado imobiliário nacional para ser fomentado depende diretamente de alguns fatores macroeconômicos, como oferta de crédito, juros baixos e confiança do consumidor. Atualmente, devido à crise vivida no País relacionada ao vírus COVID-19 e às medidas tomadas para combatê-lo, o Brasil enfrentará um cenário complexo no âmbito econômico, podendo chegar à um período de recessão econômica. Com isso, o mercado de locação deve ser afetado pelo provável aumento do desemprego, e os preços dos aluguéis podem deflacionar devido à diminuição do poder aquisitivo do consumidor médio no médio e curto prazos. De maneira oposta, o Estado, juntamente com o Banco Central, também pode adotar algumas medidas macroeconômicas para aumentar a liquidez e diminuir o risco no mercado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria Espacial Aplicada**. 1 ed., capt. 5, Editora Alínea. Campinas, São Paulo, 2012.

ANGELO, C.; FÁVERO, L.P.; LUPPE, M. **Modelo de preços hedônicos para a avaliação de imóveis comerciais no Município de São Paulo**. Revista de Economia e Administração, v. 3, n.2, p. 97-110, 2004.

ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Businesse Media. Dordrecht: Kluwer Academic, 2013.

ANSELIN, L.; REY, S.J. **Modern Spatial Econometrics in Practice: A Guide to GeoDa, GeoDaSpace and PySAL**. GeoDa Press LLC: Chicago, IL, Estados Unidos, 2014.

PREFEITURA DO RECIFE; PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife. Recife, 2005.

BISHOP, K.; MURPHY, A. **Valuing time-varying atributes using the hedonic model: When is a dynamic approach necessary?.** Review of Economics and Statistics, v.101, n.1, p. 134-145, 2019.

COURT, A.T. **Hedonic price indexes with automotive examples. The Dinamics of Automobile Demand**. Nova York, The General Motors Corporation, p. 99-117, 1939.

CRIBARI-NETO, F.; LIMA, M. **New heteroskedasticity-robust standard erros for the linear regression model. Brazilian Journal of Probability and Statistics**, v.28, n.1, p. 83-95, 2014.

DES ROSIERS, F.; THÉRIAULT, M. **Rental amenities and the stability of hedonic prices: a comparative analysis of five markets segments.** The Journal of Real Estate Research, v. 12, n. 1, p. 17-36, 1996.

DUNSE, N; JONES, C. **A hedonic price model of office rents.** Journal of Property Valuation & Investiment, v. 16, n. 3, p. 297-312, 1998.

DANTAS, R.A.; MAGALHÃES, A.; VERGOLINO, J. R. **Avaliação de imóveis: a importância dos vizinhos no caso do Recife.** Economia Aplicada v.11, n.2, p. 231–251, 2007.

FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P.; FRANCO DE LIMA, G. **Modelos de precificação hedônica de imóveis residenciais na região metropolitana de São Paulo: Uma abordagem sob as perspectivas da demanda e da oferta.** Estudos Econômicos. v.38, n.1, p.73-96, 2008.

FLORENCIO, Lutemberg. Modelos Espaciais para Avaliações de Imóveis em Massa com Baseem Modelos de Regressão GAMLSS. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DA LARES, 12., 2012, São Paulo. Anais... São Paulo: LARES, 2012.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONOMICAS (FIPE). Índice Fipezap de locação residencial: Informe de Janeiro de 2020. São Paulo, 2020.

GERARDI, K.; ROSENBLATT, E.; WILLEN, P.; YAO, V. **Foreclosure externalities: New evidence**. Journal of Urban Economics, v. 87, p. 42-56, 2015.

GIBBS, C.; GUTTENTAG, D.; GRETZEL, U.; MORTON, J.;GOODWILL, A. **Pricing in the sharing economy: a hedonic pricing model applied to Airbnb listings.** Journal of Travel & Tourism Marketing, v.35, n.1, p. 46-56, 2018.

GONZÁLEZ, M. A.; FORMOSO, C. **Estimativa de modelo de preços hedonicos para locação residencial em Porto Alegre.** Revista Produção, v.5, n.1, p. 65-77, 1995.

HERMANN, B.M.; HADDAD, E.A. **Mercado imobiliário e amenidades urbanas: a view through the window.** Estudos Econômicos, v.35, n.2, p. 237–269, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Carta de conjuntura: 4º Trimestre de 2019. N.45. Rio de Janeiro, 2019.

IWATA, A.; ALBUQUERQUE, P. H. **Métodos e modelos em econometria espacial. Uma Revisão.** Revista Brasileira de Biometria, v.29, n.2, p. 273-306, 2011.

KONG, F.; YIN, H.; NAKAGOSHI, N. **Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China**. Landscape and Urban Planning, v.79, p. 240-252, 2007.

LANCASTER, Kelvin. **A new approach to consumer theory**. Journal of Political Economy, v. 74, n. 2, p. 132-157, 1966.

LESAGE, J.P.; PACE, R.K. **Introduction to spatial econometrics**, 1 ed., Chapman and Hall/CRC, 2009.

MENEZES, T.A.; AZZONI, C.R.; MOREIRA, G.R.C. **Diferença em gastos com aluguel entre estados, tipos de área e níveis de renda família no Brasil.** Brasília: IPEA, v. 2, p. 329-346, 2007.

MILLS, Edwin. **Office rent determinants in the Chicago area**. AREUEA Journal, n. 20, p.273-287, 1992.

PANTURO, T.; VEIE, K. **Classification and valuation of urban green spaces – A hedonic house price valuation.** Landscape and Urban Planning, v.120, p. 119-128, 2013.

REZENDE, Antonio Paulo. **O Recife – Histórias de uma cidade.** 1 ed., Fundação de cultura da cidade do Recife. Recife, Pernambuco, 2002.

RIBES, J.; IZQUIERDO, L.; RODRÍGUEZ, A.; DEVESA, M. **The Rental Prices of the Apartments under the New Tourist Environment: A Hedonic Price Model Applied to the Spanish Sun-and-Beach Destinations.** MDPI Economies, v.6, n.23, 2018

ROSEN, Sherwin. **Hedonic prices and implicit markets: Production differentiation in pure competition**. Journal of Political Economy, v. 82, n. 1, p. 34-55, 1974.

SEABRA, D.; SILVEIRA NETO, R.; MENEZES, T. **Amenidades urbanas e valor das residências: Uma análise empírica para a cidade de Recife**. Economia Aplicada, v.20, n.1, p. 143-169, 2016.

TONG, B.; GUNTER, U. **Hedonic pricing and the sharing economy: how profile characteristics affect Airbnb accommodation prices in Barcelona, Madrid, and Seville.** Current Issues in Tourism, 2020.

TYRVÄINEN, L.; MIETTINEN, A. **Property prices and Urban Forest Amenities. Journal of Environmental Economics and Management,** v.39, p. 205-223, 2000.

WON, J.; LEE, J. **Investigating how the rents of small urban houses are determined: Using spatial hedonic modeling for urban residential housing in Seoul.** MDPI Sustainability, v.10, n.31, 2018.