



APLICAÇÃO DA TEORIA DE PREÇOS HEDÔNICOS PARA AVALIAÇÃO INFLUÊNCIA DA CAMINHABILIDADE NO PREÇO DE VENDA DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS

Shanna Trichês Lucchesi
Ana Margarita Larranaga Uriarte
Helena Beatriz Bettella Cybis

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Departamento de Engenharia de Produção e Transportes

RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da caminhabilidade no preço de venda de imóveis residenciais, através de um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro. As análises foram conduzidas por uma abordagem hedônica, utilizando modelos de equações estruturais para construções das variáveis latentes das características não observáveis, como é o caso da caminhabilidade e da segurança pública, inclusas no modelo testado. Essa metodologia possibilitou a análise da estrutura das variáveis latentes, suas relações mútuas e com o preço dos imóveis. Os resultados obtidos mostram que o preço do metro quadrado de imóveis residenciais à venda na área de estudo cresce conforme aumenta a caminhabilidade. A Segurança pública, a declividade viária e a presença de construções bonitas foram identificadas como os fatores mais importantes na explicação da caminhabilidade e, conseqüentemente, na valorização do imóvel.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the influence of walkability on sale price of residential properties, through a case study in the city of Rio de Janeiro. The analyzes were conducted with a hedonic approach, using structural equation models to construct the latent variables of the unobservable characteristics, such as walkability and public safety included in the tasted model. This methodology made it possible to analyze the structure of latent variables, their mutual relationships and with the real estate values. The results obtained show that square meter price of residential real estate for sale in the study area increases as the walkability increases. Public safety, road slope and the presence of beautiful buildings were identified as the key factors in explain walkability and, consequently, to aggregate monetary value for realty.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação econômica de projetos de investimentos urbanos e de transportes inclui a estimativa dos seus benefícios futuros. Esses benefícios podem estar relacionados com o desenvolvimento econômico de uma determinada região, a melhoria da qualidade de vida da população local, a redução dos tempos de viagem dos usuários, a redução de acidentes de trânsito, mitigação de congestionamentos, minimização da poluição gerada entre outros. A quantificação destes benefícios, assim como dos custos associados à implantação dos projetos, é fundamental para uma adequada estimação do retorno desses investimentos. Entretanto, os valores monetários de alguns dos benefícios citados não são facilmente estimados, pois não existe um mercado formal de compra e venda de poluição ou de qualidade de vida, por exemplo. Existe, entretanto, uma oferta e demanda por esses elementos e, através dessa necessidade implícita, é possível inferir seus respectivos preços de equilíbrio (Hermann e Haddad, 2005).

Da mesma forma, não existe um mercado formal para a caminhabilidade. No entanto, projetos urbanos e de transportes que possuam ações que visem melhorar a caminhabilidade de uma região podem culminar em retorno econômico para o setor público e privado. Por caminhabilidade entende-se a tradução numérica de quão amigável é uma região para atender a demandas diárias de deslocamento, como ir ao trabalho, a escola, lazer entre outros, através de viagens a pé (Gilderbloom et al., 2015; Rauterkus e Miller, 2011; Pivo e Fisher, 2011; Chatman, 2009). O conceito pode ser explicado por 5 dimensões utilizadas para descrever



elementos físicos, como calçadas e travessias, e elementos percebidos, como segurança pública, conforto e apazibilidade. São elas: densidade residencial ou populacional, diversidade de uso de solo, desenho urbano, acesso ao destino e disponibilidade de sistemas de transporte público (Ewing e Cervero, 2010a). Formas de atribuir valor a esses elementos podem identificar o valor do conceito global.

Uma forma de identificar a valoração dos elementos que agregados explicam caminhabilidade é na avaliação do seu impacto no preço de imóveis residenciais. A comprovação da valorização do imóvel em bairros caminháveis pode guiar investimentos ou planos de ação voltados à construção de um ambiente que estimule as viagens a pé (Bliesner *et al.*, 2010; Cortright, 2009; Gilderbloom *et al.*, 2015; Greene, 2009; Kim, 2015; Pivo e Fisher, 2011; Rauterkus e Miller, 2011; Washington, 2013). Esse enfoque justifica-se, visto que, no mercado imobiliário, a precificação do produto ocorre de forma hedônica, ou seja, não se refere somente à valoração das suas características físicas, mas, na verdade, à valoração da utilidade percebida pela cesta de atributos que o comprador adquire com a aquisição do bem (Hermann e Haddad, 2005). Ainda, acessibilidade e características do entorno são alguns dos elementos identificados como importantes no processo de escolha da residência (Pivo e Fisher, 2011; Rauterkus e Miller, 2011), chegando, em alguns casos, a ser mais significativo que o próprio preço (Belden Russonello & Stewart LLC, 2011).

Por fim, os trabalhos identificados que buscam valorar caminhabilidade através do mercado imobiliário, foram desenvolvidos em cidades europeias e americanas, não sendo encontrados trabalhos com aplicação nacional. Adicionalmente, os estudos de preços hedônicos encontrados na literatura utilizam tipicamente análises de regressões, onde os preços de vendas das unidades residenciais são modelados regredindo em função da medição de seus atributos (Fávero, 2003). Porém, a maioria dos atributos significativos na aquisição de um imóvel é de natureza intangível, tornando necessário utilizar ferramentas que construam variáveis não observadas através de variáveis observáveis. Para isso, neste estudo, utilizam-se modelos de equações estruturais. Nesse sentido reside a contribuição desse trabalho, cujo objetivo é avaliar o impacto da caminhabilidade no preço dos imóveis residenciais e, por consequência, valor caminhabilidade e suas variáveis formativas, através um estudo de caso de uma região da zona norte da cidade do Rio de Janeiro. Ressalta-se que os resultados desta análise podem auxiliar o governo na avaliação de projetos urbanísticos e de transportes. Quantificar os benefícios econômicos da caminhabilidade pode influenciar a elaboração de políticas públicas que priorizem a alocação de recursos em infraestruturas que facilitem a circulação de pedestres, justificadas e estimuladas por sua rentabilidade.

2. CAMINHABILIDADE E O MERCADO IMOBILIÁRIO.

Bairros caminháveis, normalmente, são caracterizados por alta concentração de lojas de varejo para consumo geral e pessoal e possuem uma série de elementos físicos e percebidos que estimulam os deslocamentos a pé. Leinberger e Alfonzo (2007) consideram que o desenvolvimento de áreas que estimulam a realização de viagens por caminhada pode gerar benefícios para o ambiente (pela redução de emissões através do decréscimo de viagens motorizadas), para as pessoas (pelo aumento do nível de atividade física e consequente melhoria na saúde) e para o desenvolvimento econômico (entre outros fatores pela valorização imobiliária de comunidades caminháveis). A melhoria na caminhabilidade da região é, portanto, um importante recurso econômico e social para comunidades (Gilderbloom *et al.*, 2015; Pivo e Fisher, 2011).



Ewing e Cervero (2010b) propõem que a caminhabilidade pode ser descrita através de 5 dimensões conhecidas como 5D's: densidade, diversidade, desenho, acessibilidade ao destino e distância ao transporte público. Alguns estudos ainda incluem a administração da demanda por viagem como uma sexta dimensão, mas em países em desenvolvimento, a segurança pública demonstra ser um importante fator para estímulo à caminhada. Jane Jacobs, no seu livro "Morte e vida em grandes cidades" (Jacobs, 2011), originalmente publicado em 1961, já alertava sobre a relação da caminhabilidade com a segurança pública. Jacobs dizia que uso misto do solo e melhorias nas condições das calçadas ajudam a trazer as pessoas para usar a cidade, fora de suas casas. A vivacidade urbana, segundo Jacobs, ajuda a criar o conceito de ter "olhos nas ruas", onde os residentes e transeuntes podem assistir e denunciar atividades criminosas ao longo de todas as horas do dia (Andrews *et al.*, 2011). A recíproca também é verdadeira. Há indícios de que altas taxas de criminalidade podem inibir atividades físicas para transporte ou lazer (Foster *et al.*, 2014; Heart Foundation, 2009; Lorenc *et al.*, 2014). Explicar a relação entre segurança pública e caminhabilidade é importante para compreender que o incentivo à caminhabilidade não necessariamente precisa estar baseado em medidas físicas, como melhoria das condições das calçadas ou implantação de moderadores de tráfego. Melhorias na condição de segurança podem também incentivar as viagens a pé e as soluções urbanísticas e de mobilidade devem sempre considerar os impactos que sua implementação terá na segurança pública (McDonald, 2008).

Na escolha pela compra de um imóvel, a opção por determinado empreendimento em determinada localização pode representar um desejo indireto por segurança pública e pela possibilidade de deslocar-se a pé. Um estudo com consumidores realizado pela *National Association of Realtors and Smart Growth for America* em diversos locais dos Estados Unidos, verificou que 58% dos possíveis compradores de imóveis residenciais gostariam de comprar seus imóveis em bairros com boas condições de caminhabilidade (Bliesner *et al.*, 2010). Outra pesquisa realizada *online* com adultos residentes em várias cidades americanas revelou a majoritária preferência por comunidades caminháveis. Quase 60% dos entrevistados preferem residir em bairros com uso misto e fácil acesso a pé a lojas e outros negócios. A pesquisa confirmou que, para 88% das respostas, a localização do imóvel é mais importante que o tamanho. Estar a 30 minutos do trabalho e ter calçadas e locais para caminhar estão entre as três mais importantes características na escolha da comunidade para residir (Belden Russonello & Stewart LLC, 2011). As pesquisas apresentam que acessibilidade, proximidade de pontos de interesse e topografia favorável, características dessas regiões, provocam aumento na demanda e, conseqüentemente, no valor dos imóveis (Rauterkus e Miller, 2011).

A localização faz parte da cesta de atributos que o comprador adquire juntamente com as chaves de imóveis. No caso imobiliário, esses atributos referem-se às propriedades do imóvel e às amenidades urbanas no contexto local ao qual ele está inserido. A satisfação do consumidor com as amenidades urbanas depende se estas geram uma percepção positiva ou negativa sobre o ambiente quanto à localização, condição de trânsito e transporte, poluição, oferta de entretenimento, segurança, entre outros (Hermann e Haddad, 2005). Cada atributo é responsável por adicionar um valor ao preço total do conjunto e esse conjunto pode ser composto de características intrínsecas e extrínsecas que podem ser observadas diretamente e indiretamente (Fávero, 2003). Esses atributos são decisivos no processo de escolha do item que será adquirido e na concretização do negócio, sendo as características do bairro um atributo chave para os compradores.



A metodologia de preços hedônicos busca identificar a máxima utilidade de cada atributo para identificar seu valor em um bem multi-atributos. Em geral, os modelos de preços hedônicos visam separar os atributos de um bem para efeitos de estimativa de preços implícitos (Shyr *et al.*, 2013). Tipicamente, são utilizadas análises de regressões, onde os preços de vendas das unidades residenciais são regredidos em função da medição de seus atributos (Fávero, 2003). Porém, a natureza intangível da maioria dos atributos exige a utilização de técnicas que lidem com essa particularidade, como os modelos de equações estruturais.

A maioria dos estudos existentes que já estudaram os efeitos da caminhabilidade no preço de venda dos imóveis, analisam a o efeito através do indicador de caminhabilidade WalkScore®, voltado ao mercado imobiliário (Bliesner *et al.*, 2010; Cortright, 2009; Pivo e Fisher, 2011; Washington, 2013). Ele é calculado com base na distância do imóvel a 13 diferentes categorias de pontos de interesses, como escolas, parques, lojas, entre outros (Carr *et al.*, 2010; Duncan *et al.*, 2011). Ainda, há estudos com criação de indicadores próprios de caminhabilidade (Leinberger e Alfonzo, 2007; Li *et al.*, 2014; Rauterkus e Miller, 2011) ou pela avaliação do chamado ‘Novo Urbanismo’, que também traz conceitos de espaços urbanos que favoreçam a caminhabilidade. Em todos os estudos identificados encontrou-se uma relação positiva entre o indicador e o preço de venda de imóveis, sejam eles residenciais ou comerciais. Os resultados dessas pesquisas sugerem que caminhabilidade adiciona valor financeiro aos imóveis, o que pode tornar atrativo a investidores e tomadores de decisão o desenvolvimento de bairros caminháveis ou a requalificação do ambiente já construído (Rauterkus e Miller, 2011). Não existe, entretanto, uma métrica clara da caminhabilidade para a realidade brasileira que norteie essas políticas e investimentos, e facilitem sua replicabilidade.

3. DADOS UTILIZADOS

Para realização do estudo foram combinados dados de uma pesquisa de entrevistas domiciliares realizadas sobre nível de atividade física, conduzida e disponibilizada aos autores pelo WRI Brasil Cidades Sustentáveis, e informações de preços de imóveis à venda na região, obtidas através do mapa de preços do site do ZAP Imóveis. Ainda, foram coletadas e informações socioeconômicas das zonas censitárias na área de estudo apresentada na Figura 1.

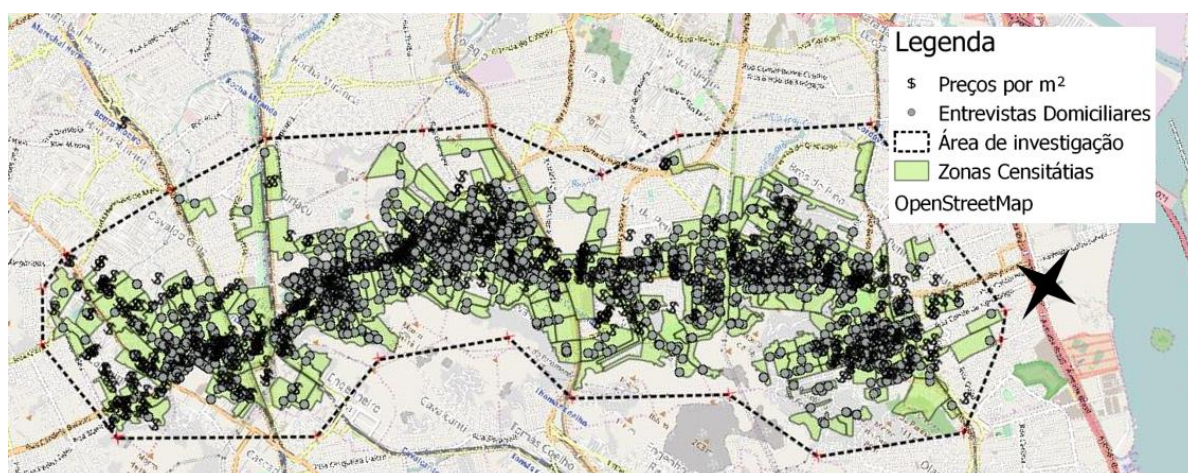


Figura 1: Mapa da área de investigação.



O banco de dados proveniente da pesquisa domiciliar disponibilizada é constituído por entrevistas pessoais, individuais e domiciliares em uma amostra de 3000 entrevistados, sendo que 2044 entrevistas foram consideradas completas e válidas para as análises. Foram entrevistados homens ou mulheres, de 18 a 70 anos, alfabetizados, sem limitações cognitivas e sem mobilidade limitada, residentes na área de estudo por tempo mínimo de 1 ano. As respostas se referiam às percepções dos usuários sobre os itens perguntados e estavam divididas em seis grandes grupos, sendo eles: (i) dados do entrevistado, (ii) meios de transportes, (iii) atividade física de deslocamento, (iv) atividade física no lazer, (v) percepções do ambiente do bairro e (iv) qualidade de vida. As entrevistas foram utilizadas como unidade base de análise, sendo as demais fontes de dados relacionadas aos entrevistados.

Já os dados relativos aos valores dos imóveis na região de estudo foram obtidos através do Mapa de Preços divulgado no site do ZAP Imóveis. Os preços divulgados no site são baseados na série histórica de preços dos imóveis anunciados por imobiliárias ou pessoas físicas no site do ZAP Imóveis, corrigidos pelo índice FipeZap (FIPE, 2011). É premissa deste estudo que apesar dos valores utilizados terem sido corrigidos pelo índice e não representarem efetivamente o preço da transação, eles são uma boa proxy dos valores de venda praticados na região de estudo. Ao total, foram obtidos 572 registros. Como forma de uniformizar a unidade de análise, foram utilizados os valores médios dos preços para cada zona censitária dentro da área de estudo. O preço médio por zona foi relacionado com cada entrevista individualmente.

4 METODOLOGIA

Os dados provenientes da pesquisa domiciliar foram utilizados para construir as variáveis latentes *Caminhabilidade* e *Seg_Pública*. Para testar a teoria de formação dos conceitos e avaliar sua relação com o preço, foram utilizados modelos de equações estruturais (SEM). Os modelos SEM são compostos de um modelo de mensuração e um modelo estrutural. O objetivo do modelo de mensuração é atestar a validade das relações entre as variáveis não observadas (latentes) com os indicadores. Os indicadores geralmente são respostas às perguntas da pesquisa, representando a ligação entre os escores de um instrumento de medida e o construto teórico em estudo o qual os indicadores foram designados a medir. O modelo estrutural é o resultado da conversão do modelo de mensuração proposto em um sistema de equações que representam a relação desenhada no modelo de mensuração. O modelo estrutural é validado a partir dos coeficientes das equações obtidos pelo diagrama de caminhos.

A equação estrutural (1) e a equação de mensuração (2) no modelo de variável latente podem ser expressas como (Hair *et al.*, 2009):

$$\eta = \Gamma X + \zeta \quad (1)$$

$$y = \Lambda \eta + \varepsilon \quad (2)$$

onde η é um vetor ($M \times 1$) de variáveis latentes e X é um vetor ($K \times 1$) de valores observados para as variáveis exógenas, que constituem as múltiplas causas observáveis. A matriz Γ ($M \times K$) contém coeficientes de regressão desconhecidos. Na Equação 2, y é um vetor ($P \times 1$) de indicadores observáveis de η e Λ é uma matriz ($P \times M$) de cargas fatoriais. Tanto as perturbações estruturais ζ ($M \times 1$) como os erros de medição ε ($P \times 1$) são normalmente distribuídos, mutuamente independentes e admite-se em todas as variáveis um valor esperado zero. Os SEM buscam validar a relação entre construtos de uma forma causal, e não simplesmente correlacional.



A construção do modelo iniciou com a definição dos construtos individuais (variáveis latentes) que expressam a teoria que se deseja confirmar. Na segunda etapa, ocorreu o desenvolvimento do modelo de mensuração. Nessa etapa foi realizada a representação gráfica do modelo (diagrama de caminhos), definindo-se cargas fatoriais fixas das variáveis e seus erros de estimação. Devido ao construto ser uma variável não observada, ele não possui uma dimensão associada e torna-se necessário fornecer uma escala para o cálculo dos coeficientes (Larrañaga, 2005). Fixa-se, portanto, uma das cargas fatoriais com valor igual a 1.

A representação gráfica determina as características do modelo, onde as variáveis observáveis são representadas em retângulos e as não observáveis em elipses; e as relações causais com setas. Setas em uma direção representam as relações causa e efeito e em duas direções indicam covariância ou correlação (Hox e Bechger, 1998). Essa relação de causalidade pode ser determinada de forma reflexiva ou formativa. Modelos reflexivos representam teorias em que a variável latente exerce influência sobre as variáveis observadas. As variáveis precisam ser altamente correlacionadas visto que todas são influenciadas por um fator comum. O erro de mensuração está associado às variáveis observadas, representando as dimensões nas quais a variável latente não consegue explicá-las. Nos modelos formativos, os indicadores são a causa da variável latente. As variáveis não precisam ser necessariamente correlacionadas, mas todas as variáveis importantes para descrever a variável latente devem estar inclusas no modelo. O erro de mensuração, nesse caso, deve estar vinculado à variável latente, explicando a imprecisão das variáveis de formar o construto (Hair *et al.*, 2009). O produto da análise é uma série de equações representativas das relações desenhadas entre variáveis observadas e latentes e entre duas variáveis latentes e seus coeficientes

Construído o modelo, testa-se a teoria. Para modelos SEM, verifica-se as razões críticas (CR) de cada relação entre variável dependente e causa, e os índices GFI (*Goodness-of-Fit Index*) e RMSEA (*Root Mean Square Error of Aproximation*) para o ajuste do modelo como um todo. A razão crítica CR é obtida pela estimativa do parâmetro dividida pelo seu erro padrão (Larrañaga, 2005). Assume-se que a estimativa será normalmente distribuída, e, portanto, valores de CR acima de 1.96 são considerados significativos a um nível de confiabilidade de 5% (Schumacker e Lomax, 2010). O parâmetro GFI, referente ao ajuste do modelo total, avalia se a matriz estimada reproduz a quantidade de variância e covariância da matriz observada (Larrañaga, 2005) sendo valores próximos de 1 os melhores ajustes (Hair *et al.*, 2009). Complementarmente, foi avaliado o valor do parâmetro RMSEA que busca explicar quão bem o modelo se ajusta a uma população e não somente a uma amostra. Hair *et al.* (2009) citam que valores abaixo de 0.10 são considerados aceitáveis. Para Silveira (2006) valores menores que 0.06 podem indicar um bom ajuste do modelo.

5. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DOS MODELOS

A variável latente *Segurança pública* agregou todas as variáveis que avaliavam as percepções de segurança na pesquisa domiciliar. Para a variável que foi denominada de *Caminhabilidade*, as variáveis agregadas foram escolhidas com base nas cinco dimensões da caminhabilidade (5D's) propostas por Ewing e Cervero (2010). A Tabela 1 apresenta as variáveis e dimensões consideradas.

Os primeiros modelos testados apresentaram coeficientes negativos para as variáveis *Muitos_comerc* e *Caminhos_alterativos*, indicando que estes fatores piorariam a condição de caminhabilidade da região. A principal justificativa para o sinal contrário ao esperado da



variável *Muitos_comerc* refere-se à própria questão de pesquisa. Os entrevistados deveriam responder se concordavam ou não com a afirmação “Sua residência está localizada em um bairro com muitos prédios comerciais, indústrias e escritórios”. A sentença inclusa no questionário não prioriza a avaliação da quantidade de comércios existentes. Os entrevistados deveriam responder sobre sua concordância em relação a referências bastante diferentes, tanto em relação ao número de comércios e serviços, quanto às condições de caminhabilidade do seu bairro. Bairros com muitos prédios comerciais e de escritórios são mais favoráveis à realização de viagens a pé do que bairros essencialmente industriais. As respostas do questionário, entretanto, não permitiram identificar com clareza a influência dos comércios na caminhabilidade dos bairros. Ressalta-se que a pesquisa foi cedida aos autores quando já realizada, não sendo possível a estes alterar a questão para a obtenção de melhores resultados.

Tabela 1: Variáveis relativas as 5 dimensões da caminhabilidade utilizadas

Dimensão	Variável Observada	Afirmativas do Questionário
Densidade	<i>Muitas_residencias</i>	Sua residência está localizada em um bairro com muitas outras residências.
Diversidade de uso do solo e acesso ao destino	<i>Muitos_comercios</i>	Sua residência está localizada em um bairro com muitos prédios comerciais, indústrias e escritórios.
	<i>Construções bonitas</i>	Existem muitas construções/casas bonitas no seu bairro.
Desenho urbano	<i>Caminhos_alternativos</i>	Existem caminhos alternativos que você possa usar para ir de um lugar para outro no seu bairro.
	<i>Declividade</i>	As ruas do seu bairro têm subidas e descidas que dificultam caminhar ou andar de bicicleta
	<i>Travessia_pedestres</i>	Existem faixas, sinais ou passarelas que facilitam a travessia das ruas movimentadas do seu bairro.
Disponibilidade do Transporte Público	<i>Satisf_aceso_transp_público</i>	Você está satisfeito com o acesso ao transporte público no seu bairro?

Quanto a variável *Caminhos_alterantivos*, entende-se que apesar de, na média, os entrevistados concordarem com a afirmativa de existir diferentes opções de rota para acesso ao destino no bairro, a configuração viária da região não possibilita diferentes conexões. Não existe um padrão claro da malha e a topografia impossibilitaria pequenos desvios sem grandes dispêndios de energia. Sendo assim, apesar de ser possível realizar desvios de rota, esses desvios aumentariam as distâncias caminhadas e elas seriam realizadas com mais sacrifício, piorando, dessa forma, a condição de caminhabilidade. Entende-se que as duas variáveis discutidas (*Muitos_comerc* e *Caminhos_alterantivos*) são importantes para representar as 5 dimensões da caminhabilidade, todavia, não se deseja que um erro de medição ou de especificação perturbe os resultados gerais do modelo (Ortúzar e Willumsen, 2011).

5.1 Construção do modelo SEM

A Figura 2 apresenta o modelo final construído. As representações gráficas através do diagrama de caminhos, assim como a estimação do modelo, foram realizadas no software IBP SPSS Amos 24. A variável *Caminhabilidade* foi construída de forma formativa, pois se entende que as variáveis que representam as dimensões da caminhabilidade é que formam o conceito. No caso do construto que indica a segurança pública entende-se que as percepções



de segurança de dia, à noite, no embarque e quanto ao número de crimes são um reflexo da segurança pública como um todo e, portanto, a variável latente *Seg_pública*, deve ser modelada de forma reflexiva. Com a inserção da variável observada e identificando a relação causal entre as variáveis latentes, característica da modelagem de equações estruturais, são eliminados os problemas de identificação que a configuração poderia ocasionar.

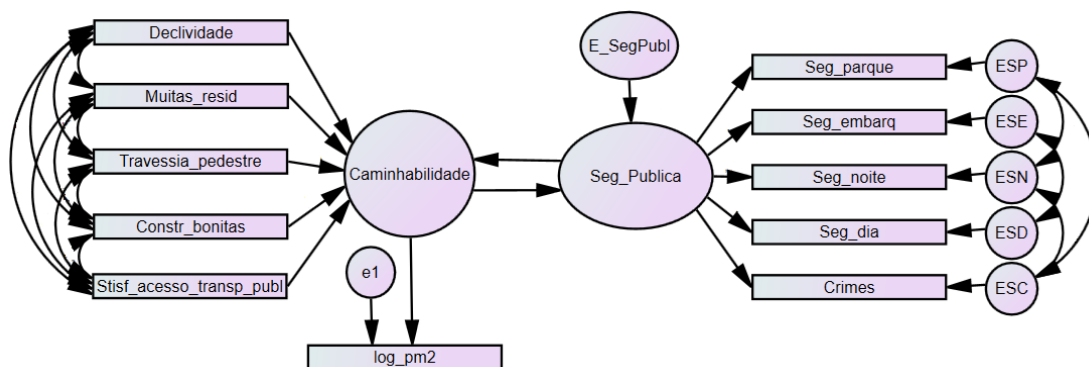


Figura 2: Representação gráfica do modelo de equações estruturais testado

Neste trabalho, a variável dependente foi considerada na forma logarítmica por, dessa forma, resultar em um melhor ajuste no modelo final. Conforme hipóteses de pesquisa a serem testadas, foi determinada uma relação direta da *Caminhabilidade* no *log_preço_m2*. A relação entre *Caminhabilidade* e *Seg_pública* foi analisada como uma relação biunívoca, visto que a caminhabilidade pode afetar a segurança pública, pois proporciona vivacidade e apazibilidade às ruas do bairro, e a segurança pública também pode afetar a caminhabilidade, visto que a sensação de segurança pode incentivar os deslocamentos a pé.

5.2 Análises estatísticas e resultados do modelo SEM

Como resultado, o modelo gera o conjunto de equações estruturais descritos entre as equações (3) a (10):

$$\begin{aligned} \text{Caminhabilidade} = & 0.217\text{Muitas_resid} + 0.344\text{Constr_bonitas} + 0.169\text{Travessia_pedestre} \\ & + 0.118\text{Satisf_acesso_transp_publ} - 0.365\text{Declividade} + 0.390\text{Seg_Pública} + \text{ESeg_publ} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{Crimes} = -0.449\text{Seg_publica} + \text{ESC} \quad (4)$$

$$\text{Seg_dia} = 0.771\text{Seg_publica} + \text{ESD} \quad (5)$$

$$\text{Seg_noite} = 0.441\text{Seg_publica} + \text{ESN} \quad (6)$$

$$\text{Seg_embarq} = 0.866\text{Seg_publica} + \text{ESE} \quad (7)$$

$$\text{Seg_parque} = 0.620\text{Seg_publica} + \text{ESP} \quad (8)$$

$$\text{Seg_Pública} = 0.512\text{Caminhabilidade} \quad (9)$$

$$\text{Log_pm2} = 0.156\text{Caminhabilidade} + e \quad (10)$$

O modelo é significativo estatisticamente, como é possível observar na Tabela 2 e, portanto, válida a teoria proposta com sinais dos coeficientes de cada indicador condizentes ao previsto.



O mesmo ocorre com as variáveis latentes *Seg_publica* e *Caminhabilidade*, que apresentaram uma forte relação positiva nas duas direções comprovando a teoria de que a segurança pública possui uma relação causal mútua com a caminhabilidade. Esse resultado está de acordo com o encontrado em outros estudos referenciados neste trabalho (Gilderbloom *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2014; Pivo e Fisher, 2011).

Tabela 2: Resultados da estimação do modelo de equações estruturais ajustado

Variável Observada	Relação Causal	Variável Latente	Pesos	Pesos Estandard.	E.P	C.R.	P
<i>Muitas_resid</i>	→	<i>Caminhabilidade</i>	0.004	0.217	0.001	3.485	***
<i>Constr_bonitas</i>	→	<i>Caminhabilidade</i>	0.006	0.344	0.001	4.213	***
<i>Travessia_pedestre</i>	→	<i>Caminhabilidade</i>	0.003	0.169	0.001	3.500	***
<i>Satisf_acesso_transp_publ</i>	→	<i>Caminhabilidade</i>	0.003	0.118	0.001	3.027	0.002
<i>Declividade</i>	→	<i>Caminhabilidade</i>	-0.006	-0.365	0.001	-4.387	***
<i>Crimes</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	-0.449	-0.305	0.034	-13.35	***
<i>Seg_dia</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	1.315	0.771	0.083	15.895	***
<i>Seg_noite</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	0.658	0.441	0.033	19.805	***
<i>Seg_embarq</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	1.984	0.866	0.083	16.637	***
<i>Seg_parque</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	1	0.620	-	-	-
<i>log_pm2</i>	←	<i>Caminhabilidade</i>	1	0.156	-	-	-
Variável latente (efeito)	Relação causal	Variável latente (causa)	Pesos	Pesos Estandard.	E.P	C.R.	P
<i>Seg_Publica</i>	←	<i>Caminhabilidade</i>	16.024	0.512	2.635	60.81	***
<i>Caminhabilidade</i>	←	<i>Seg_Publica</i>	0.012	0.390	0.005	0.021	
<i>Número de parâmetros estimado</i>				37			
<i>Graus de liberdade</i>				29			
<i>GFI</i>				0.965			
<i>RMSEA</i>				0.049			

Analisando as relações de cada variável latente com as variáveis observáveis, nota-se que variáveis observadas que sofrem maior influência da *Seg_Publica* são as variáveis que indicam a percepção de segurança ao embarcar e desembarcar do transporte público (0.866) e a que representa a segurança em caminhar ou andar de bicicleta de dia no bairro (0.771). Esse resultado sofreu influência do perfil de deslocamento dos entrevistados, onde 68% relatam realizar algum deslocamento a pé nas suas viagens diárias e 57% relatam utilizar o transporte público, sendo esses usuários mais sensíveis à segurança no transporte. Para formação da variável latente *Caminhabilidade*, as variáveis mais influentes foram a variável latente *Seg_pública* (0.39), seguido pelas variáveis observadas *Declividade* (-0.365) e *Constr_bonitas* (0.344). Ressalta-se, com esse resultado, que a condição de segurança é um importante fator na escolha do modo de transporte e está de acordo com o estudo conduzido por Larrañaga *et al.* (2015) na cidade de Porto Alegre. Ainda, segundo a *The Social Progress Imperative* (2016), o Brasil é o 123º país no ranking global de segurança pessoal, sendo um dos piores colocados da América do Sul. Esperava-se, portanto, que esta variável apresentasse importância significativa na construção do construto latente e resultado positivo na formação da *Caminhabilidade*.

A influência da caminhabilidade no preço por m² dos imóveis apresentou coeficiente positivo, confirmando a hipótese prévia da influência da caminhabilidade na valoração dos imóveis. O valor do coeficiente da regressão parametrizado é apresentado na Tabela 2, com valor igual a



0.156. A relação positiva indica que quanto mais caminhável é a região, mais valorizados são os imóveis residenciais disponíveis para venda. Esse resultado é condizente com os resultados encontrados por diversos autores que já estudaram essa relação (Bartholomew e Ewing, 2011; Cortright, 2009; Gilderbloom *et al.*, 2015; Kim, 2015; Leinberger e Alfonzo, 2007; Pivo e Fisher, 2011; Rauterkus e Miller, 2011; Washington, 2013).

5.3 Efeito marginal de alternativas de melhoria da caminhabilidade

Para medir o impacto da caminhabilidade no preço dos imóveis, foram calculados os efeitos marginais das variáveis formativas no preço por m² dos imóveis residenciais. Os efeitos foram calculados alterando o valor de cada variável no valor correspondente a um incremento em uma unidade na sua escala de mensuração. As variáveis utilizadas são variáveis ordinais, com quatro categorias, variando da concordância total a discordância total. Assim, um incremento em uma categoria representa um incremento de 25% na variável. Os resultados apresentados na Tabela 3, representam o impacto no preço por m² no aumento de 25% no valor da variável medida. A equação 11 apresenta a formulação para o cálculo do efeito marginal. A exponencial é necessária devido à variável dependente ter sido utilizada na forma logarítmica.

$$\frac{P_o}{P_i} = e^{0.25 * \lambda_{\text{variável}} * \lambda_{\text{caminhabilidade}}} \quad (111)$$

Tabela 3: Efeito marginal do preço por m²

Variáveis	1 incremento (25%)	2 incrementos (50%)	3 incrementos (75%)
<i>Seg_Publica</i>	1.53%	3.09%	4.67%
<i>Declividade</i>	1.48%	2.99%	4.51%
<i>Constr_bonitas</i>	1.40%	2.82%	4.26%
<i>Muitas_resid</i>	0.89%	1.79%	2.70%
<i>Travessia_pedestre</i>	0.68%	1.37%	2.06%
<i>Satisf_acesso_transp_publ</i>	0.48%	0.96%	1.44%

Os efeitos calculados para segurança pública são referentes à percepção geral da condição de segurança pública no bairro. Ações que aumentem a sensação de segurança como maior presença de patrulhamento, melhoria na iluminação pública e o próprio aumento da caminhabilidade podem resultar em uma valorização dos imóveis disponíveis para a venda. O aumento no número de residências pode ser incentivado com revisões nos planos diretores e políticas de zoneamento, através da alteração dos índices construtivos e criação de políticas de habitação social. A existência de travessia para pedestres também é dependente de investimentos públicos. Além de simples, é uma medida barata para impactar positivamente a caminhabilidade. Por fim, o acesso ao transporte público também pode ser melhorado com o aumento do número de travessias, melhoria nas condições dos passeios, rampas de acessibilidade, aumento no número de paradas, na disponibilidade de sistemas ofertados entre outras soluções. O poder público tem mais dificuldade em propor melhorias que incrementem a percepção do usuário para as variáveis *Declividade* e *Constr_bonitas*. A declividade é função da topografia da região e do perfil longitudinal da via, sendo difícil de alterar o seu valor. A aparência das construções pode ser melhorada através de incentivos públicos, mas é atribuição do dono do imóvel particular melhorar o aspecto estético da construção e investir na sua boa aparência e beleza.

Verificou-se também o impacto da variável latente *Caminhabilidade* no preço. A avaliação do



impacto diretamente na variável auxilia no estudo do efeito combinado dos incrementos das variáveis formativas. Os resultados indicam que para obter um percentual de valorização do imóvel superior a 5%, as melhorias na caminhabilidade da região deveriam ser superiores a 30%. Ao aplicar essa valorização no preço do m² médio da amostra (R\$4.031,08), foi possível comparar monetariamente os ganhos que podem ser obtidos. Para um imóvel de 100 m², 30% de aumento na caminhabilidade podem resultar em 19 mil reais a mais no preço final do imóvel. Embora, por sua natureza, este incremento percentual nas variáveis latentes seja de difícil mensuração, o valor marginal das variáveis deste estudo proporciona bons indicativos sobre ações promotoras da valorização urbana.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, tendo em vista as condições localizadas da análise, melhorar as condições de caminhabilidade significa melhorar a percepção dos usuários quanto ao número de residências, à beleza das construções, ao número de travessias de pedestres, ao acesso ao transporte público, à declividade das vias e à segurança pública da região. Conforme comentado, algumas percepções são difíceis de alterar pois elas refletem características do ambiente que não são atribuição do poder público ou dos interessados em promover melhorias. É interessante observar, entretanto, que a mudança na caminhabilidade pode surgir de uma combinação de pequenas alterações em cada uma das variáveis observadas.

Ressalta-se que os resultados indicam que as características dos bairros, favoráveis a caminhada, possuem, efetivamente, influência sobre o preço de venda de imóveis residenciais. É possível inferir, por essa constatação, que as razões pelas quais os indivíduos escolhem seu local de moradia não são mais baseadas no uso de transporte individual motorizado. As externalidades do transporte - como congestionamento, tempo de deslocamento, alto custo de combustível – guiaram a procura de imóveis em locais que propiciem fácil acesso aos pontos de interesse. Essa constatação ressalta a necessidade de adequação das políticas de desenvolvimento em prol da caminhabilidade, pois investimentos que tornam os bairros menos caminháveis podem estar na contramão da demanda dos consumidores (Washington, 2013). Para o mercado imobiliário nacional, apresenta-se a oportunidade de implantar um indicador de caminhabilidade, como já acontece em larga escala nos Estados Unidos com o *WalkScore*®. Apesar dos resultados serem válidos para a área de estudo e considerando ainda os benefícios econômicos descritos, a caminhabilidade deve estar integrada nos planos estratégicos de desenvolvimento das cidades, planejando e projetando para uma forma mais sustentável de uso do ambiente urbano.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao WRI Brasil Cidades Sustentáveis pela disponibilização da pesquisa domiciliar utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrews, C., Dipree, C., e Williams, O. (2011) Safety , Crime Prevention , and Walkability Woodland Drives Neighborhood Assessment.
- Bartholomew, K., e Ewing, R. (2011) Hedonic Price Effects of Pedestrian- and Transit-Oriented Development. *Journal of Planning Literature*, 26(1), 18–34. doi:10.1177/0885412210386540
- Belden Russonello & Stewart LLC. (2011) *The 2011 Community Preference Survey What Americans Are Looking for When Deciding Where to Live. Opinion Research Strategic Communication*. Washington DC.
- Bliesner, J., Bouton, S., e Schultz, B. (2010) Walkable Neighborhoods: An Economic Development Strategy., 29. Obtido de <http://www.aarp.org/content/dam/aarp/livable-communities/act/transportation/Walkable->



- Neighborhoods-An-Economic-Development-Strategy-AARP.pdf
- Carr, L. J., Dunsiger, S. I., e Marcus, B. H. (2010) Walk Score as a global estimate of neighborhood walkability. *American Journal of Preventive Medicine*, 39(5), 460–463. doi:10.1016/j.amepre.2010.07.007
- Chatman, D. G. (2009) Residential choice, the built environment, and nonwork travel: Evidence using new data and methods. *Environment and Planning A*, 41(5), 1072–1089. doi:10.1068/a4114
- Cortright, J. (2009) Walking the Walk:How Walkability Raises Home Values in U.S. Cities. doi:10.1187/cbe.06-05-0163
- Duncan, D. T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S. J., e Gortmaker, S. L. (2011) Validation of Walk Score?? for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(11), 4160–4179. doi:10.3390/ijerph8114160
- Ewing, R., e Cervero, R. (2010a) Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76 no.3(April 2013), 265–294. doi:10.1080/01944361003766766
- Ewing, R., e Cervero, R. (2010b) Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation Research Record*, 1780(Paper No. 01-3515), 87–114. doi:10.3141/1780-10
- Fávero, L. P. L. (2003) *Modelos de preços hedônicos aplicados a imóveis residenciais em lançamento no município de São Paulo*. Universidade de São Paulo.
- FIPE. (2011) *São Paulo*. São Paulo.
- Foster, S., Knuiman, M., Villanueva, K., Wood, L., Christian, H., e Giles-Corti, B. (2014) Does walkable neighbourhood design influence the association between objective crime and walking? *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 11(1), 100. doi:10.1186/s12966-014-0100-5
- Gilderbloom, J. I., Riggs, W. W., e Meares, W. L. (2015) Does walkability matter? An examination of walkability's impact on housing values, foreclosures and crime. *Cities*, 42, 13–24. doi:10.1016/j.cities.2014.08.001
- Greene, J. (2009) *Sustainability Focused Data Analysis - To what extent do walkability, crime, and neighborhood predict housing prices?* Oregon.
- Hair, J. F. H., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., e Tatham, R. L. (2009) *Análise Multivariada de Dados*. (6a edição.). Bookman, Porto Alegre.
- Heart Foundation. (2009) *HEALTHY SPACES & PLACES What is Healthy Spaces & Places?* Kingston.
- Hermann, B. M., e Haddad, E. A. (2005) Mercado Imobiliário e Amenidades Urbanas: A View Through the Window. *EST. ECON*, 36(2), 237–269.
- Hox, J. J., e Bechger, T. M. (1998) An Introduction to Structural Equation Modeling. *Family Science Review*, 11, 354–373. doi:10.1080/10705510903008345
- Jacobs, J. (2011) *Morte e vida de grandes cidades*. (2º ed). WMF Martins Fontes.
- Kim, J. (2015) *The Impact of New Urbanism on Single Family Housing Values: The Case of Issaquah Highlands*. University of Washington.
- Larrañaga, A. M. (2005) *Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Larrañaga, A. M., Cybis, H. B. B., e Torres, T. B. (2015) Influência da estrutura urbana na decisão de realizar viagens a pé em Porto Alegre. *Transportes*, 23(4), 89. doi:10.14295/transportes.v23i4.924
- Leinberger, C. B., e Alfonzo, M. (2007) Walk This Way:The Economic Promise of Walkable Places in Metropolitan Washington, D.C. *American School & University*, 79(10), 44–47. Obtido de <http://search.proquest.com/docview/61934522?accountid=14695>
- Li, W., Joh, K., Lee, C., Kim, J.-H., Park, H., e Woo, A. (2014) From Car-Dependent Neighborhoods to Walkers' Paradise. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2453(October 2015), 162–170. doi:10.3141/2453-20
- Lorenc, T., Petticrew, M., Whitehead, M., Neary, D., Clayton, S., Wright, K., Thomson, H., Cummins, S., Sowden, a, e Renton, a. (2014) Crime, Fear of Crime and Mental Health: Synthesis of Theory and Systematic Reviews of Interventions and Qualitative Evidence. *Public Health Research*, 2(2), Online publication. doi:10.3310/phr02020 <<http://dx.doi.org/10.3310/phr02020>>
- McDonald, N. C. (2008) The effect of objectively measured crime on walking in minority adults. *American Journal of Health Promotion*, 22(6), 433–436. doi:10.4278/ajhp.22.6.433
- Ortúzar, J. D. D., e Willumsen, L. G. (2011) *Modelling Transport*. *Modelling Transport*. doi:10.1002/9781119993308
- Pivo, G., e Fisher, J. D. (2011) The Walkability Premium in Commercial Real Estate Investments. *Real Estate Economics*, 39(2), 185–219. doi:10.1111/j.1540-6229.2010.00296.x
- Rauterkus, S. Y. R., e Miller, N. G. (2011) Residential Land Values and Walkability. *JOSRE*, 3, 23–43.
- Schumacker, R. E., e Lomax, R. G. (2010) *A beginner's guide to structural equation modeling*. doi:10.1002/9781118133880.hop202023



- Shyr, O., Andersson, D. E., Wang, J. M., Huang, T. W., e Liu, O. (2013) Where Do Home Buyers Pay Most for Relative Transit Accessibility? Hong Kong, Taipei and Kaohsiung Compared. *Urban Studies*, 50(12), 2553–2568. doi:10.1177/0042098012474510
- Silveira, J. (2006) MODELAGEM DE EQUAÇÕES ESTRUTURAIS: apresentação de uma metodologia. *Dissertação de Mestrado UFRGS*, 1–105.
- The Social Progress Imperative. (2016) 2016 Social Progress Index.
- Washington, E. (2013) Role of Walkability in Driving Home Values. *Leadership and Management in Engineering*, 13(3), 123–130.