

USO MISTO DO SOLO INTRAURBANO E O IMPACTO NA RENDA DO SOLO SOB UMA ABORDAGEM DA FIRMA: UMA ANÁLISE PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Rodger Barros Antunes Campos¹

Eduardo Simões de Almeida²

Resumo

A influência do uso do solo urbano sobre a renda do solo na cidade de São Paulo está intimamente relacionada ao desenvolvimento econômico e urbano. O desenvolvimento de infraestrutura, alocação de grandes centros financeiros e corporações nacionais no município de São Paulo são alguns dos fatores que podem explicar o processo de desenvolvimento econômico da cidade. Esse desenvolvimento econômico foi capaz de atrair mão de obra à cidade. Enquanto as corporações procuram onde alocarem suas firmas, as famílias procuram espaço para residirem. Porque o uso do solo é excludente entre os agentes econômicos (firma e família), gera-se, por conseguinte, uma tensão pelo uso do solo. Tendo isso em mente, o trabalho elabora um modelo empírico para explicar o impacto dessa tensão no uso do solo para a determinação dos aluguéis a serem pagos pelas empresas. Para tanto, a aplicação empírica é embasada no modelo teórico de Wheaton (2004). Como resultado, encontrou-se que a renda do solo para a firma é sensível ao uso do solo por parte da firma, impactando negativamente na renda, como é previsto pelo modelo teórico. Ademais, a produtividade e a infraestrutura demonstram correlação negativa com a distância dos dois centros de negócios modelados. A contribuição do trabalho está em preencher o *gap* na literatura nacional e internacional sobre o uso misto do solo e sua relação com renda da terra.

Palavras-chave: Economia Urbana, uso misto do solo, renda da terra.

Abstract

The infrastructure development, allocation of large national corporation and financial center in São Paulo city are some factors capable of explaining economic development in the city. This economic development is able to attract labor force to São Paulo. While the corporations localize in the city seeking to allocate their firms, the households look for land to live. From the fact that land use has an exclusive use (firm and household), is possible to occur a tension among the agents for land use. Having this in mind, this paper is aimed at shedding light on how this tension impacts on firm land rent. To do so, an empirical model is elaborated based on Wheaton's theoretical model. In this model, firm land rent depends on firm productivity, land use and transport infrastructure. From this theoretical model we propose an empirical model. As result, we found that firm land rent is sensitive to firm and household land use impacting negative and positively, respectively, accordingly the theoretical model. Further, productivity and infrastructure show a negative gradient as increase the distance from CBD. The contribution of this work is to fulfill the Brazilian and international literature gap about land use and its tension on firm land rent.

Key words: Urban Economics, mixed land use, land rent.

Área: 10. JEL: R14, R15

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da UFJF (rodgerantunes@gmail.com).

² Professor associado do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da UFJF e Pesquisador do CNPq (edualmei@gmail.com).

USO MISTO DO SOLO INTRAURBANO E O IMPACTO NA RENDA DO SOLO SOB UMA ABORDAGEM DA FIRMA: UMA ANÁLISE PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

1. Introdução

A cidade de São Paulo que se formou em torno de um único centro observa, ao longo de algumas décadas, a formação de outros centros e subcentros. Meyer, Grostein e Biderman (2004) apontam o caminho que a firma seguiu dentro da cidade: o setor terciário (serviços) se moveu do centro antigo da cidade de São Paulo (subprefeitura da Sé) em direção à Avenida Paulista, em 1960. Entre 1970-1980 se espraiou pela região da Avenida Faria Lima, Itaim e Marginal Pinheiros. E na década de 90, Vila Olímpia e Avenida Luis Carlos Berrini tornaram-se polos empregatícios na cidade. Nos anos 2000, nota-se ainda o espraiamento em direção da Vila Leopoldina.

Essa aglomeração transforma a configuração do espaço urbano e da economia local. Segundo Lemos (1988), a cidade de São Paulo perdeu sua característica essencialmente industrial, dando lugar ao setor de serviços (expansão terciária). O deslocamento se deu em função da busca por redução de custo e de ganho com a especulação imobiliária (SZMRECSÁNYI, 2004), abrindo espaço para uma reestruturação espacial na cidade de São Paulo.

Essa expansão ganha força com a nova divisão internacional do capitalismo, impulsionada pela globalização. Muitos autores têm falado sobre o papel de determinadas cidades nesse cenário. Friedman (1995) elenca a cidade de São Paulo – juntamente com metrópoles como Paris, Madri, Cidade do México e Seul – como uma cidade de segundo escalão, isto é, uma cidade que articula a economia nacional com o sistema econômico mundial. Diniz e Crocco (1996) destacam a influência do Mercosul sobre a região metropolitana de São Paulo (RMSP), reafirmando a prevalência da região devido à recentralização financeira e de serviços produtivos complexos, posicionando a RMSP como o único espaço localizado no Brasil integrado ao sistema de cidades globais.

Essa característica traz consigo a demanda por espaços comerciais/corporativos que, no caso de São Paulo, entremeiam o espaço urbano, formando múltiplos centros, podendo ser centros menores formados fora desse eixo principal da cidade.

Desse espraiamento do setor terciário pela cidade e da demanda por terrenos que comporte a demanda corporativa, é possível observar uma tensão imobiliária quanto ao uso do solo. A mudança de uso do solo na direção famílias-firmas (ou vice-versa) e firmas-firmas significam transformações quantitativas para um dado tipo de uso do solo, seja de acréscimo ou de decréscimo do uso (BRIASSOULIS, 2000). Essa mudança pode ser de conversão (de um uso para outro) ou de modificação (de um mesmo tipo, alterando apenas o padrão) (ALMEIDA *et al.*, 2005).

Assim, o objetivo é entender quantitativamente qual a influência desta concorrência de uso do solo sobre a renda da terra para as firmas (aluguel corporativo) no Município de São Paulo (MSP). Busca-se descobrir qual o impacto sobre renda da terra para firma quando determinado distrito apresenta maior concentração de uso do solo pelas firmas ou pelas famílias.

A análise desse problema de pesquisa se fundamenta no modelo teórico proposto por Wheaton (2004), no qual a renda da terra para a firma considera a utilização do uso do solo para os dois agentes econômicos (famílias e firmas). Um modelo empírico é sugerido com base nesse modelo teórico, estimando qual o impacto monetário a que está sujeita a renda do solo para a firma quanto às variações de utilização do uso do solo para cada agente.

Dada a dinâmica do cenário urbano do município de São Paulo e a crescente oferta de imóveis residenciais e comerciais, o modelo proposto contribui para a tomada de decisão por parte das construtoras ao considerar os lançamentos (residenciais e comerciais) e o impacto desses lançamentos sobre preços de aluguéis corporativos, auxilia em projetos de políticas de planejamento urbana (IPTU, vendas de outorgas, espraiamento de sub-centros).

Além desta introdução, o presente artigo está organizado da seguinte forma: a segunda seção expõe a revisão de literatura, focando o modelo teórico proposto por Wheaton. A terceira seção apresenta

analiticamente o modelo econométrico espacial. Na quarta seção, expõe a unidade espacial utilizada no modelo, as variáveis utilizadas e as bases de dados. A quinta seção será reservada à exposição dos resultados e a sua discussão. A sexta seção traz as considerações finais.

2. Modelo Teórico: Uso Misto do Solo Intraurbano

Efetivamente, nas grandes cidades, é difícil encontrar um padrão espacial monocêntrico. Na verdade, a configuração espacial das grandes cidades modernas contempla múltiplos centros (CBD e SBD³). Como é observado por Wheaton (2004), esta característica implica numa concorrência do uso do solo entre firmas e famílias.

Dentro da proposta de um modelo estrutural microfundamentado, Wheaton (2004) ressalta as contribuições de Mills (1972), White (1976) e Fujita e Ogawa (1982) quanto aos fatores que fazem com que as firmas se localizem próximas às residências em busca de menores deslocamentos e, por conseguinte, menores salários a serem pagos. Solow (1973) traz, pela primeira vez, o fator congestionamento para a análise sobre padrão espacial. Por sua vez, Fujita e Ogawa (1982), Helsley e Sullivan (1991) e Anas e Kim (1996) trataram do fator da aglomeração para as firmas e sua escolha de espaço urbano.

Embora os trabalhos proponham avanços teóricos pertinentes à análise locacional dos agentes econômicos no espaço urbano, tais autores (HELSELY e SULLIVAN. 1991; ANAS e KIM, 1996) permaneceram considerando zonas específicas de moradia e firma (comércio). A contribuição de Wheaton (2004) está em trazer ao estudo a tensão do uso do solo. Utilizando da teoria microeconômica clássica, assume-se a convivência entre firmas e famílias na mesma zona, considerando o efeito do congestionamento, aglomeração e acessibilidade.

Wheaton (2004) propõe uma síntese dos modelos acima e introduz o uso misto do solo. De outro modo, a utilização de determinada área não é exclusiva de famílias ou firmas. Segundo o autor, há evidências empíricas sobre a utilização mista do uso do solo nas cidades americanas, onde as residências e firmas estão entremeadas e, somente, em alguns casos, os empregos são mais centralizados que as moradias, o que contradiz a teoria tradicional de mercados espaciais competitivos de uso exclusivo de zonas ou anéis (ALONSO, 1964; MUTH, 1967 e 1972; MILLS, 1972; WIEAND, 1987; HARTWICK E HARTWICK 1974; KIM 1983; WHITE, 1973)

O modelo de uso misto de Weathon (2004) considera uma cidade circular com a localização definida como sendo uma distância t do centro de negócios (CBD). A adoção de uso comercial e uso habitacional é dado na forma fracional, como $F(t)$ e $1 - F(t)$, respectivamente. O uso total da terra por agente econômico é medido como abaixo:

$$e(t) = \int_0^t 2\pi x \frac{F(x)}{q_f} dx \quad (1)$$

$$h(t) = \int_0^t 2\pi x \frac{1-F(x)}{q_h} dx \quad (2)$$

Em que $e(t)$ e $h(t)$ são os usos fixos para o local de trabalho e residencial, respectivamente, podendo ser considerados como o número de trabalhadores e famílias concentrados até a distância t ; q_f e q_h são as quantidades de trabalhadores e famílias.

Nesse modelo de uso misto do solo, a distribuição espacial do emprego e das famílias apresenta um limite, isto é, o modelo é de uma cidade fechada. Em outras palavras, não existe empregos ou famílias além da distância b_f e b_h , respectivamente. Nesses pontos, a distribuição cumulativa é igual ao número exógeno de empregos e famílias (E e H). Wheaton (2004) assume que nas fronteiras da cidade valem as relações:

$$e(b_f) \equiv E \equiv H \equiv h(b_h), \quad e(0) = 0 = h(0) \quad (3)$$

Outro pressuposto simplificador dos fluxos de tráfego é que a tecnologia de transporte permite deslocamento apenas dentro da cidade radial e o comportamento de demanda de viagem, $D(t)$, dos trabalhadores é descrito como:

³Subcenter Business District, local de concentração de empregos fora do centro principal da cidade (CBD: *Central Business District*).

$$D(t) = e(t) - h(t) \geq 0 \quad (4)$$

$$D(b_h) = D(0) = 0$$

$$b_f \leq b_h \quad (5)$$

A equação 4 descreve que o número de passageiros passando em cada distância na cidade é igual à diferença entre o número acumulado de trabalhadores até o ponto em questão e o número acumulado de residentes vivendo neste mesmo ponto. Desse pressuposto, pode-se inferir que inexistiria deslocamento quando, em todas as distâncias, $e(t) = h(t)$. Sob um padrão de uso do solo $F(t)$ que gere demanda por viagens, a demanda é maximizada quando, a uma determinada distância, o número marginal de famílias iguale ao número marginal de empregos. Então, $D(t)$ alcança o máximo local, quando:

$$\frac{1-F(x)}{q_h} = \frac{F(x)}{q_f} \quad (6)$$

Da equação 6 pode-se notar que quanto menor for q_f em relação a q_h , a demanda máxima por viagem tende a acontecer quando $F(t)$ tende a zero. E $F(t)$ tende a ser mínimo em b_f . Em outras palavras, os maiores deslocamentos correm na fronteira da cidade, independentemente de quão disperso esteja o trabalho⁴.

A equação 4 pode ser transformada em custo de viagem $C(t)$, para tanto a função alterada de Sollow (1973) é:

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = C'(t) = \left[\frac{D(t)}{S(t)} \right]^\alpha + \beta \quad (7)$$

Em que $S(t)$ é a capacidade de transporte e β é o custo fixo de viagem. Portanto, o custo de transporte é dado pela demanda sobre a capacidade que determinada cidade tem em atender a essa procura por viagem. No modelo de uso misto, essa capacidade é assumida como sendo as ruas. E, por simplicidade da modelagem, assume-se que a capacidade de transporte fornecida não consome unidades adicionais de solo.

Para Wheaton (2004), a escolha locacional das firmas se dá em função das economias de aglomeração, custo de deslocamento e congestionamento. Isto significa que a decisão locacional não é a mesma para todas as firmas, culminando com o uso misto do solo.

A otimização do modelo é considerada ao assumir que o efeito da economia de aglomeração ($Q(t)$ - produtividade), juntamente com o custo de deslocamento determina a escolha locacional da firma. Desse modo, o problema de maximização segue a equação 8⁵:

$$\max_{F(t)}: \int_0^T 2\pi t F(t) Q(t) dt - \int_0^T D(t)^{\alpha+1} dt \quad (8)$$

Ao diferenciar (4) em relação a t e aplicando (1) e (2), obtém-se uma equação diferencial que relaciona $F(t)$ às variações em $D(t)$:

$$D'(t) = 2\pi t [2F(t) - 1] \quad (9)$$

O problema de maximização está sujeito às seguintes restrições⁶:

$$0 \leq F(t) \leq 1 ; 0 \leq D(t) \leq H ; D(0) = D(T) = 0 \quad (10)$$

De (8)-(10) tem-se o seguinte problema de controle ótimo (Hamiltoniano - \mathcal{H}):

$$\mathcal{H} = 2\pi t F(t) Q(t) - D(t)^{\alpha+1} + \lambda(t) [2\pi t [2F(t) - 1]] \quad (11)$$

A solução para o problema envolve duas condições gerais. Primeiro, F deve otimizar \mathcal{H} em todo t , dadas as restrições requeridas.

⁴Se a fração de uso do solo for dado sempre como $F(t) = \frac{q_f}{q_f + q_h}$, então, em ocorrendo o máximo local como na equação 6 - q_f mínimo - pode-se depreender que $F(t)$ é próximo de zero (limite da cidade) e, neste ponto, a demanda por transporte é máxima.

⁵ Para essa apresentação, Wheaton (2004) assume as seguintes simplificações: $S(t) = S = 1$, $\beta = 0$ e $q_f = q_h = 1$. Embora essas simplificações sejam restritivas, elas não alteram materialmente os resultados.

⁶As restrições fornecem um conjunto de soluções factíveis. Dada a restrição (10), $D'(0)$ deve ser maior ou igual a zero, caso contrário a demanda seria negativa. Para que essa restrição valha, a restrição $F(t)$ deve ser maior igual a $1/2$. Ademais, ainda sob (10), é necessário que valha: $D'(T) \leq 0$, e, para isso, $F(t)$ deve ser menor ou igual a $1/2$.

$$[2\pi t Q(t) + \lambda(t) 4\pi t] \begin{cases} \leq 0, & \text{se } F(t) = 1 \\ \geq 0, & \text{se } F(t) = 0 \\ = 0, & \text{se } F(t) \text{ estiver entre } 0 - 1 \end{cases} \quad (12)$$

A segunda condição dever valer em qualquer lugar com a seguinte igualdade:

$$\delta H / \delta D(t) \equiv -(\alpha + 1)D(t)^\alpha = -\lambda'(t), \text{ para todo } t \quad (13)$$

Ademais, $\lambda(t)$ deve ser negativo e, também, não decrescente em t .

Portanto, quando (12) vale com igualdade, então esta pode ser diferenciável:

$$Q'(t)/2 = -\lambda'(t) \quad (14)$$

Combinando (14) em (13) e diferenciando novamente, é possível obter o comportamento côncavo da produtividade, sob as restrições (10):

$$Q''(t)/2 = [-\alpha(\alpha + 1)D(t)^{\alpha-1}]D'(t) = [-\alpha(\alpha + 1)D(t)^{\alpha-1}][2\pi t[2F(t) - 1]] \quad (15)$$

A partir da maximização do Hamiltoniano proposto por Wheaton, seguem as seguintes proposições⁷ sob algumas hipóteses. Proposição 1: empregos totalmente espalhados pela cidade nunca é ótimo para um gradiente de produtividade da firma negativo; Proposição 2: $t = 0$ implica em $F(0) = 1$, dado $D(0) = 0$. Em outras palavras, no centro da cidade a concentração se dará com firmas⁸. Proposição 3: dada a produtividade marginal decrescente em função da distância a um centro de negócios, então deve existir um centro de negócios no espaço intraurbano – para $F(0) = 1$. Proposição 4: o uso misto do solo da cidade é possível apenas quando a produtividade marginal da firma decrescer com o distanciamento do centro da cidade, devendo essa localização (t) estar aquém da localização ótima (t^*), ou quando a produtividade marginal crescer com o distanciamento, esta localização deve ser maior que a localização ótima. Matematicamente, exceto em $t = 0$, somente se $Q''(t) < 0$ para algum intervalo de $t < t^*$ e $Q''(t) > 0$ para $t > t^*$.

Resumidamente, o resultado exposto por Wheaton afirma que o uso totalmente misto da terra nunca será ótimo, pois a aglomeração sempre fornece crescimento para algum grau de centralidade dos empregos. Ademais, zonas de negócios centrais (CBDs) exclusivas são normalmente ótimos, exceto se o padrão particular de aglomeração corresponder exatamente à demanda por tráfego (2004, p. 426).

A próxima análise é sobre o gradiente da renda da terra, tanto da firma quando das residências, sob o modelo de mercado competitivo de solo.

Para tanto, assumindo que o consumo da terra seja fixo e que a utilidade das famílias dependa somente da renda líquida (salário deduzido o custo de transporte e aluguel)⁹, as famílias se deparam com duas escolhas: onde viver e onde trabalhar. Logo, devem existir dois gradientes de preços para deixar as famílias indiferentes em relação a cada decisão.

Para as famílias com residências fixas, todas as opções de locais de trabalho devem auferir salários idênticos¹⁰. Dessa forma, segue que o gradiente de salário marginal $W'(t)$ deve variar com o custo marginal do deslocamento $C'(t)$:

$$\frac{\partial W(t)}{\partial t} \equiv W'(t) = -C'(t), \quad W(0) = W_0 \quad (16)$$

Já para famílias que têm postos de emprego fixos, a alternativa de escolha é o lugar onde residir. Neste caso, o gradiente de aluguel da terra para as famílias $R_h(t)$ deve variar com o custo marginal do

⁷ As provas fornecidas para cada proposição podem ser vista em Wheaton (2004).

⁸ Isto ocorre porque $Q''(0)$ pode ser positiva ou negativa, não valendo para $t = 0$. Os únicos valores de $F(t)$ onde (14) não valerá ocorrem em uma das duas restrições: $F(0) = 0$ é descartada a partir de (10) e (11) e então $F(0) = 1$

⁹ Assume-se consumidor homogêneo em todo o espaço intraurbano, portanto, no equilíbrio, a renda líquida deve ser constante em todas as localizações.

¹⁰ Dado que o aluguel é fixo, pelo local de residência, a escolha de onde trabalhar impacta a renda líquida via o custo de deslocamento. Segundo Wheaton (2004:428): “At points of maximum congestion it is possible that $C' > -Q'$ and firm bid rents will locally slope up with greater distance. (...) this is likely to happen near to the edge of employment (...)”

deslocamento e, em qualquer lugar, é maior que a renda de reserva da terra (A), exceto na fronteira do desenvolvimento residencial (b_h).

$$\frac{\partial R_h(t)}{\partial t} \equiv R_h'(t) = -\frac{c'(t)}{q_h}, \quad R_h(b_h) = A \quad (17)$$

Portanto, no equilíbrio, as localizações de empregos devem ser igualmente lucrativas em qualquer lugar do espaço intraurbano, e a produtividade $Q(t)$, salários $W(t)$ e aluguel da terra pago pela firma $R_f(t)$ devem se compensar. Por fim, o gradiente do aluguel da terra para a firma $R_f(t)$ obedece às seguintes condições:

$$\frac{\partial R_f(t)}{\partial t} \equiv R_f'(t) = \begin{cases} [Q'(t) - W'(t)]/q_f & (a) \\ [Q'(t) + C'(t)]/q_f, R_f(b_f) = A & (b) \end{cases} \quad (18)$$

Em que b_f é o limite da oferta de emprego pelas firmas.

Da equação acima, pode-se inferir que, se o custo marginal de viagem superar o declínio marginal da produtividade, o gradiente da renda tende a aumentar com a distância. Numa situação em que o declínio da produtividade marginal supera o custo marginal de viagem, a renda da terra decresce com a distância.

O equilíbrio locacional das firmas e famílias é obtido se valerem (16) a (18). Ademais, os gradientes de renda e salário que asseguram o equilíbrio dependem do congestionamento, que, por sua vez, depende do fluxo de viagem, este, ainda, depende do padrão do uso misto do solo.

A divergência do modelo de Wheaton (2004) aos demais modelos de usos segregacionistas é que estes, sob uma abordagem de competição tradicional, assumem que o consumo da terra será utilizado pelo seu “mais alto uso”, isto é, maior retorno da renda do solo levaria a uma segregação perfeita do espaço. Wheaton (2004) discorda dos teóricos de usos exclusivos da terra, afirmando não ser a renda o fator que determina o uso do solo, mas que são os efeitos aleatórios que permitem coexistir usos diferentes na mesma localização. O autor propõe dois argumentos para explicar o uso misto do solo: 1) dimensões locacionais não mensuradas e/ou 2) variações aleatórias na utilidade ou na produção. Exemplo do primeiro argumento seria a tendência do primeiro andar dos prédios serem ocupados pelas firmas (comércios), enquanto as residências estariam nos andares superiores. Esta preferência espacial, segundo Wheaton, decorre do impacto imensurável gerado pelo tráfego de pedestres, resultando no uso misto do solo. As preferências das firmas por esquinas e localizações frontais também resultam no uso misto do solo. Sobre o segundo argumento, em havendo variações aleatórias na utilidade ou produção, então, estas variações gerariam rendas aleatórias. Assim, a conclusão é que o uso do solo geraria uma distribuição probabilística quanto ao uso misto. Esse pressuposto em Wheaton (2004) está embasado em Anas e Kim (1996).

Em outras palavras, a determinação do uso do solo não é consequência da renda do solo, mas de fatos aleatórios que podem advir das preferências do consumidor ou da firma, ou do próprio espaço. Esse pressuposto é de suma relevância para a modelagem econométrica, pois resolve a possível endogeneidade gerada pela simultaneidade entre renda e uso/consumo do solo. Para Wheaton, a renda relativa da terra (R_f e R_h) é capaz de explicar o padrão espacial entre os agentes, mas não é o fator substantivo que leva ao consumo do solo em determinada área – como dito, esse é determinado por fatores componentes das preferências dos agentes econômicos.

Os padrões de uso misto do solo dependem da combinação de três fatores, segundo o modelo estrutural:

- a) Produtividade urbana
- b) Capacidade de transporte
- c) Tamanho da população

Sobre o primeiro fator, o grau de dispersão dos postos de emprego dentro dessa cidade estilizada depende do nível de aglomeração ou quão rápido a produtividade da firma declina com o distanciamento do centro de negócios. Desse fator, tem-se a Proposição 5 – baixa aglomeração gera maior dispersão dos empregos nas cidades de uso misto do solo.

Em relação à capacidade de transporte, uma expansão da capacidade impacta diretamente nos gradientes de renda da terra, mas não sem custo, isto é, esse melhoramento no fluxo de viagens causa congestionamento. Ademais, tanto as firmas quanto as famílias se movem para mais distante em busca de vantagens locacionais, uma vez que a renda da terra diminui com o distanciamento do CBD. Isto posto, segue a Proposição 6: a expansão da capacidade de transporte implica em centralização do emprego. Isto é, dado que o modelo acima pressupõe que fronteira comercial seja menor que a fronteira residencial, portanto, assumir que haja uma expansão uniforme da capacidade de transporte e nenhuma alteração no uso do solo é o mesmo que dizer que houve redução do custo marginal de deslocamento.

Portanto, a partir das equações (17) e (18), podem ser inferidos que redução no custo de transporte marginal aumenta a renda da terra para a firma, todavia reduz para as famílias. Agora, se a fronteira comercial se expandir, então a renda da terra para a firma será alta em toda a cidade. Ademais, dado que o modelo assume a fronteira residencial fixa, a expansão por parte da firma viola a restrição (1). Como resultado das restrições (1)-(2), a fronteira da família deve contrair para que a proporção de terra usada para fins comerciais cresça, em outras palavras, deve ocorrer centralização do emprego a fim de manter o consumo da terra por trabalhador fixa.

O tamanho da população afeta a demanda por transporte dentro da cidade. Assim, um aumento da população urbana (emprego e famílias) conjuntamente com igual decréscimo de consumo de terra por trabalhador, mantendo fixas as fronteiras da firma e da família, resulta num aumento proporcional no número agregado de viagens por dia. O resultado do aumento do custo marginal de transporte é o decréscimo na renda da terra para fins comerciais relativamente à renda da terra para fins residenciais, implicando em menor fração de uso do solo para a firma e, por consequência, a fronteira comercial deve se expandir para valerem a densidade residencial e a restrição (3). A partir dessa relação, aponta-se a Proposição 7 – crescimento da demanda por transporte implica em grande dispersão do emprego.

3. Estratégia metodológica

O modelo de uso misto do solo, proposto por Wheaton (2004), considera a questão espacial de forma concêntrica, ou seja, para o cálculo de determinado uso do solo é preciso somar a área circular. Todavia, a proposta metodológica utilizada neste trabalho considera a divisão espacial em distritos da cidade de São Paulo. Assim sendo, as variáveis que determinam os usos do solo, para fins comerciais e fins residenciais, são consideradas para cada distrito.

Ao considerar que o problema de maximização proposto no modelo teórico está relacionado à distância, as variáveis *proxies* utilizadas para medir produtividade e congestionamento são medidas em relação às distâncias de cada distrito ao CBD, considerando São Paulo uma cidade com dois CBD (Sé e Itaim Bibi). Outro pressuposto assumido no modelo, devido à dificuldade matemática em provar equilíbrio com uso misto do solo, é que o uso do solo é misto. Esse pressuposto não representa óbice à modelagem empírica para o município de São Paulo, uma vez que o solo é entremeado por residentes e postos de trabalho (como demonstrado na próxima seção).

No intuito de obter uma forma reduzida para o modelo econométrico, assume-se a aproximação linear dos fatores que determinam a renda da terra para a firma espacialmente. Assim sendo, propõe-se estimar a equação modificada de (18)¹¹. Isto é,

$$R_{fi} = \alpha_0 + \alpha_1 Q_i + \alpha_2 e_i + \alpha_3 h_i + \alpha_4 S_i + u_i \quad (20)^{12}$$

¹¹ Tomando a função de renda da terra ótima da firma (18), isto é, $R'_f = [Q'(t) + C'(t)]/q_f$, sabe-se de (7) que $C'(t) = [D/S]^\alpha + \beta$ tem-se $R'_f = [Q'(t) + [D/S]^\alpha + \beta]/q_f$. De outra forma, $R'_f = (Q'(t)/q_f) + (D/S)^\alpha(1/q_f) + \beta/q_f$ após tirar o logaritmo: $\ln(R'_f) = \ln(Q'(t)/q_f) + \alpha \ln(D) - \alpha \ln(S) - \ln q_f + \ln(\beta/q_f)$. Substituindo (4) na última equação, tem-se: $\ln(R'_f) = \ln(Q'(t)/q_f) + \alpha \ln(e(t) - h(t)) - \alpha \ln(S) - \ln q_f + \ln(\beta/q_f)$.

¹² Os vetores q_f e β/q_f são excluídos da forma funcional empírica, em consonância com Wheaton (2004) que considera $q_f = 1$ e $\beta = 0$. Quanto à primeira hipótese, não se obtêm restrições, pois o total de emprego (E) será uma das *proxies* de produtividade utilizada para estimar o modelo. A segunda restrição é convincente, isso porque se pode assumir que, para o caso em que indivíduos que não utilizem transporte, seu custo fixo de transporte seja nulo.

Em que R_{fi} é a renda da terra para a firma no distrito i , Q_i é a produtividade do distrito i , e_i é o uso do solo para as firmas no distrito i , h_i é o uso do solo para as famílias no distrito i , S_i é a capacidade de transporte no distrito i , o coeficiente α denota a sensibilidade da renda ótima da firma face às variações nas variáveis exógenas e u_i é o vetor de erro.

No que se refere à forma funcional, utiliza-se para a modelagem econométrica a forma funcional nível-taxa (Tabela 1). Como produtividade, infraestrutura, tamanho da população e uso do solo de um município não se alteram sobremaneira em um curto espaço de tempo, utiliza-se da taxa de crescimento desses fatores, nos últimos dez anos, para estimar o modelo teórico¹³.

Quanto ao problema de inferência, é importante considerar a possibilidade de haver efeito adjacência, embora Wheaton (2004) não trate deste efeito específico. Assim, considera-se a dependência espacial, isto é, o efeito de transbordamento que as características exógenas exercem sobre o outro distrito vizinho. Segundo Glaeser *et al.* (1992), o transbordamento de conhecimentos decorre do próprio dinamismo da cidade, atuando como um motor de crescimento. Marshall (1890) afirma que a concentração da firma numa cidade contribui para o espraiamento do conhecimento entre firmas e, por conseguinte, crescimento da cidade.

Portanto, partindo do modelo espacial geral, busca-se compreender se existem transbordamentos entre os distritos capazes de impactar a renda do uso do solo para fins comerciais:

$$R_{fi}(t) = \mu + \rho W_1 R_{fi} + X_i \alpha + u_i \quad (21.a)$$

$$u_i = \lambda W_2 u_i + \varepsilon_i \quad (21.b)$$

Em que ρ e λ são parâmetros espaciais, W é a matriz de ponderação esparsa e expressa a forma de interação espacial entre os distritos, α é o vetor de coeficientes estimados, X_i é o vetor de variáveis explicativas expostas na equação (20) por distrito, u_i e ε_i são os termos de erros.

Neste trabalho é considerado o procedimento de especificação espacial proposto por Tyszler (2006), baseado na estratégia de especificação de um modelo geral para um modelo mais específico. De forma prática, deve-se iniciar a estimação pelo modelo de Defasagem com Erro Autorregressivo (SAC), como defendido por Kelejian (ELHORST, 2010), e também proposto por Tyszler (2006)¹⁴. O segundo passo é testar a significância do coeficiente ρ e λ . Caso *rho* ou *lambda* seja significativo, tem-se o modelo de Defasagem (SAR) ou modelo de Erro Autorregressivo (SEM), respectivamente. Se ambos os parâmetros forem significativos, analisa-se primeiramente a significância do coeficiente ρ : se este for não nulo, especifica-se o modelo SAC. Após estimar a regressão pelo modelo SAC, se o coeficiente da defasagem SAR (*rho*) não for estatisticamente significativo, a modelagem deve considerar o modelo SEM.

Resumidamente, o problema da tensão do uso do solo entre firmas e famílias pode ser identificado a partir da equação modificada (21), e, portanto, inferir o impacto desta tensão sobre a renda da terra, controlada pelos fatores expostos pelo modelo teórico. Para tanto, os modelos serão estimados pelo *software* GeoDaSpace. É importante ressaltar que os modelos SAR, SEM, SAC são estimados, respectivamente, pelo método de Variáveis Instrumentais (VI), Métodos Generalizados dos Momentos (MGM) e Mínimos Quadrados de 2 Estágios (MQ2E)¹⁵.

4. Base de dados

Os dados sobre o preço dos imóveis corporativos foram fornecidos pela Empresa *Buildings*. A base de dados inclui imóveis lançados no período 2000-2011 ao longo do município de São Paulo, que, geograficamente, é subdividido em 96 distritos (Figura 5). Efetivamente, a base de dados traz informações sobre 2.293 empreendimentos distribuídos em 40 distritos do município de São Paulo (MSP). Todavia, alguns empreendimentos foram eliminados por causa da ausência de informação relevante na base de dados.

¹³As variáveis que são formadas por distâncias euclidianas e *dummies* não são utilizadas na forma de taxa, por questões óbvias.

¹⁴Enquanto Elhorst (2010) defende a necessidade de adotar testes de autocorrelação espacial, Tyszler (2006) propõem apenas a análise da significância dos parâmetros espaciais.

¹⁵As hipóteses dos estimadores e hipóteses de identificação para cada modelo espacial são apresentadas em Almeida (2012) e Anselin (1988).

Após o tratamento da base de dados, a análise leva em consideração 745 empreendimentos em 39 distritos do município, cujos preços foram registrados no período de agosto de 2011 a agosto de 2013.

Uma questão relevante diz respeito ao preço de aluguel por metro quadrado (aluguel/m²), o qual não representa o preço efetivo da transação feita entre os agentes envolvidos (locatário e locador), uma vez que os agentes tendem a alterá-los nas negociações, sejam nas vendas ou locações. Para este estudo, os preços de aluguel foram deflacionados pelo IGP-DI a preços de 2012, com o índice padrão acumulado nos doze últimos meses, sendo agosto o mês base. A escolha do IGP-DI acumulado em mês é devido ao período de registro dos aluguéis na base de dados.

A descrição da base de dados (uso do solo) está embasada nas notas técnicas lançadas pelo Departamento de Estatística e Produção de Informação (Dipro) da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU).

As informações sobre o uso do solo tiveram como fonte o Cadastro Territorial e Predial de Conservação e Limpeza (TPCL). Segundo o Dipro/SMDU, o cadastro é de base fiscal e objetiva a cobrança do Imposto Predial e Territorial (IPTU). Segundo a metodologia da Secretaria Municipal de Planejamento (Sempla), o uso e o padrão fornecidos pela TPCL foram agregados em dezesseis tipologias (Uso H) de uso do solo, como pode ser observado na Tabela 2.1.

Tabela 1: Uso do solo por tipologia H

Uso H	Usos
1	Uso Residencial Horizontal Baixo Padrão
2	Uso Residencial Horizontal Médio Padrão
3	Uso Residencial Horizontal Alto Padrão
4	Uso Residencial Vertical Médio Padrão
5	Uso Residencial Vertical Alto Padrão
6	Uso Comércio e Serviço Horizontal
7	Uso Comércio e Serviço Vertical
8	Uso Industrial
9	Uso Armazéns e Depósitos
10	Uso Especial (Hotel, Hospital, Cartório, Etc.)
11	Uso Escola
12	Uso Coletivo (Cinema, Teatro, Clube, Templo, Etc.)
13	Terrenos Vagos
14	Uso Residencial Vertical Baixo Padrão
15	Uso Garagens não-residenciais
99	Outros usos (Uso e padrão não previsto)

Elaboração: Dipro/SMDU

Para o trabalho, os dezesseis tipos de usos foram agregados em apenas duas tipologias, a saber, uso do solo pelas famílias e pelas firmas. A agregação do uso do solo para residências levou em conta os seguintes Usos H da tabela 2.1: 1, 2, 3, 4, 5, 14. A agregação para o uso do solo para a firma foi considerada os seguintes Usos H: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15. Cabe ressaltar que o grupo *outros* (área construída que não se adéqua a qualquer categorização de 1 a 15 e/ou áreas públicas e/ou sem informação no TPCL) foi considerado como sendo um tipo de uso do solo, mas essa variável não é inserida no modelo de regressão, sem qualquer perda relevante devido a sua participação não ultrapassar 2% do total.

Para computar as variáveis *proxies* de produtividade foram utilizadas as informações fornecidas pela RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) e elaboradas pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano-Departamento de Produção e Análise de Informação (SMDU/Deinfo). A base de dados fornece informação espacial em nível de distrito sobre o número de postos de emprego e rendimento médio real dos ocupados, segundo o setor de atividade econômica estabelecida pela Classificação Nacional de Atividade

Econômica (CNAE): comércio, serviços, indústria de transformação e construção civil. A variável que considera a População Economicamente Ativa foi obtida do Censo 2010 e Censo 2000¹⁶.

Para a análise demográfica dos distritos, utiliza-se a base de dados fornecida pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). A extensão territorial dos distritos é fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ademais, considera-se também a distância euclidiana entre o centroide do CBD e SBD ao aeroporto e às estações de trem/metrô medida pelo *software* ArcGis.

Como o modelo de Wheaton (2004) aborda a questão da produtividade da firma influenciando a renda da terra, é importante destacar que podem atuar duas forças sobre a decisão de localização das firmas: a) forças centrípetas (economias de localização e de urbanização) e b) forças centrífugas (custos urbanos). Os distritos tendem a se especializar em atividades que melhorem sua indústria de aglomeração face ao custo de deslocamento e de congestionamento. Caso dominem as economias de urbanização, as firmas procuram CBDs maiores e diversificados, em detrimento dos SBDs. Então, considerando que a localização dos empregos depende dos determinantes da forma urbana (Anas e Kim, 1996), e, seguindo a estratégia metodológica dos modelos teóricos da segunda seção, serão descritas as *proxies* utilizadas para estimar o modelo teórico.

Abaixo são expostas as variáveis *proxies* para Q_i (produtividade) e S_i (infraestrutura de transporte), bem como as hipóteses que se espera de cada uma delas, seguindo Guiliano e Small (1999) e Hualcháin e Satterthwaite (1992). Resumidamente, dois grupos são formados – produtividade e acessibilidade:

1) *Proxies relacionadas à produtividade:*

Tamanho do (sub)centro – E: é o total de emprego por distrito. Essa variável busca relacionar o benefício da aglomeração com a desvantagem do congestionamento, escassez da terra e outros efeitos de escala negativos (custo da aglomeração), isso porque, sabe-se que grandes (sub)centros podem crescer mais rápido devido o benefício da aglomeração (força centrípeta) ou mais devagar devido ao custo da aglomeração (força centrífuga).

Densidade do (sub)centro – DCE: é o total de emprego por distrito (E_i) sobre a área (A_i) do distrito (A_i). Baixa densidade de emprego deveria apresentar maior expansão, refletindo o menor custo da terra para o fim corporativo, quando comparado com os (sub)centros com alta densidade. Portanto, segue: $DCE_i = \frac{E_i}{A_i}$

Composição da indústria – CID: essa variável busca captar o efeito do crescimento da indústria no âmbito municipal sobre o crescimento em cada distrito, isto é, a variação do emprego por setor. A hipótese levantada por Giuliano e Small (1999) é que a indústria desenvolvida em cada região pode ser beneficiada pela experiência da indústria regional. Nesta modelagem, assumem-se os setores por distrito e o impacto que estes recebem da economia municipal. Ademais, essa hipótese sugere abarcar a possibilidade de que a economia de aglomeração seja mais importante para uma atividade, quando comparada à outra. E, diferentemente de Giuliano e Small (1999), é possível que exista um transbordamento espacial de produtividade entre os distritos, o que justifica o controle para a dependência espacial no modelo.

$$\Delta CID_i = \sum_s E_{si} \bar{g}_s$$

Em que E_{si} é o número de empregos por setor¹⁷ $s, \forall s = 1, \dots, 4$, no distrito $i, \forall i = 1, \dots, 39$; \bar{g}_s é a taxa de crescimento entre os anos 2000-2010 do setor no município de São Paulo.

A variável *Diversidade da base econômica – DEC:* procura verificar se distritos que apresentam menor diversificação crescem mais que os mais diversificados (GIULIANO E SMALL, 1999; HENDERSON e SATTERTHWAITTE, 1995). Essa variável está relacionada à externalidade gerada pela diversificação de atividades, proposta por Jacobs (1969). Para o cálculo, utiliza-se a medida de diversidade sugerida por Cervero (1989):

¹⁶Como no Censo 2000 não consta uma variável denominada PEA, foi necessária a composição dessa variável, utilizando para tanto a agregação das perguntas V0439 e V0455.

¹⁷ Utiliza-se os 4 setores da CNAE elaborados espacialmente (por distritos) pela SMDU/Deinfo.

$$DEC_i = \left[- \sum_s P_{si} \log P_s \right] / [- \log \bar{P}_i]$$

Na qual P_{si} é a participação do emprego no distrito i , $\forall i = 1, \dots, 39$ por setor¹⁸ s , $\forall s = 1, \dots, 4$, S_i é o total de setores no distrito i e \bar{P}_i é o inverso do número de setores no distrito. O resultado da DEC_i varia entre 0 e 1, portanto, quanto mais próximo de 0, mais especializado é o distrito; e quanto mais próximo de 1, maior a diversificação industrial do subcentro.

A variável *Força de mercado* – *FME* busca capturar o efeito que o salário exerce sobre a atratividade de mão de obra e, conseqüentemente, sobre o impacto na renda do solo (FUJITA e OGAWA, 1982; WIEAND, 1987; WHEATON 2004; CAVAILHÈS *et al.*, 2007). Segundo Huallicháin e Satterthwaite (1992), pode-se depreender a força de mercado em duas formas:

$$FME_i^1 = \sum \frac{D_{si}}{E_{si}}$$

$$FME_i^2 = \frac{D_{i10}}{D_{i00}}$$

Em que D_{si} é o salário total ofertado pela firma do setor s em cada distrito i , $\forall i = 1, \dots, 39$ e D_{i10} e D_{i00} são os salários totais ofertados no distrito i em 2010 e 2000, respectivamente. Da equação 18 (a), espera-se que o impacto de aumento salarial atue negativamente sobre a renda da terra para as firmas.

A variável *Localização do subcentro em relação ao centro* – *DSC* procura captar o gradiente do crescimento em função do distanciamento ao CBD. Tem-se por objetivo testar o *trade off* existente entre congestionamento e economia de aglomeração. Quanto à localização dos subcentros, considera-se a distância euclidiana do centroide do subcentro ao centroide do centro histórico (Sé) e centro novo (Itaim Bibi). A medida calculada de acordo com Fujita e Ogawa (1982):

$$A_i = \min(d_i^1, d_i^2)$$

Em que A_i é a distância mínima entre o SDB e o CBD para uma cidade que apresenta dois centros, i são os distritos, $\forall i = 1, \dots, 39$; d_i^1 e d_i^2 são as duas distâncias euclidianas entre os distritos e os dois CBDs.

2) Proxies relacionadas à acessibilidade

A variável *Acessibilidade da mão de obra* - *AMO* trata do custo de deslocamento. O acesso da firma à mão de obra é um dos fatores de atratividade para o crescimento do emprego intra (sub)centro. Portanto, áreas que apresentassem grande concentração da população economicamente ativa fariam com que as firmas ofertassem menor salário. Embora Blair e Premus (1987) encontrem forte influência da *AMO* para o crescimento do número de empregos, Bradbury *et al.* (1982) acreditam ser este um fator causal independente, que não explica o processo de sub-urbanização do emprego.

Utilizando a forma funcional gravitacional proposta por Hansen (1959), tem-se que a influência de cada trabalhador decai exponencialmente com a distância do centro de emprego. De outra forma, seja L_i a mão de obra (PEA) no distrito i e r_{im} a distância do distrito i para o distrito m de mais alta concentração de emprego (CBDs: Sé e Itaim Bibi). Essa relação pode ser expressa como:

$$AMO_i = L_i e^{-\psi r_{im}}$$

Assumindo que ψ é um parâmetro que mede a distância do deslocamento, representando a queda da atratividade em $1/\psi$. Segundo Giuliano e Small (1999), $1/\psi$ é igual a \bar{r} (ou seja, média da distância entre o distrito i para o distrito m) após a construção de um modelo de interação espacial. Em resumo, quer-se testar se distritos com PEA alta estão numa situação melhor por não ter que entrar em competição no mercado de trabalho.

A questão de deslocamento (acessibilidade do meio de transporte) ressaltada em Solow (1973), Hartwick e Hartwick (1974), Kim (1983) e Giuliano e Small (1999) é tratada pelas variáveis-*proxies* abaixo, fornecendo informação sobre a acessibilidade via meio de transporte segundo o modal de transporte.

¹⁸ Idem.

a) *Acesso ao aeroporto de Congonhas– DAE*: essa variável é medida pela distância euclidiana de cada centroide do distrito até o aeroporto.

b) *Acesso às estações de metrô e/ou trem – DMT*: utiliza-se a distância euclidiana mínima entre as estações (metrô e/ou trem) em relação ao centroide do distrito. Testam-se também *dummies (DET)* para marcar a existência ou não de estações nos distritos.

5. Estatísticas descritivas

A Tabela 2 lista as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste trabalho.

Tabela 2: Estatísticas descritivas: distritos no Município de São Paulo

<i>Proxies</i>	Equação 20	Definição	Média	Desvio Padrão
PM	R_{fi}	Preço médio (2013-2011)	54,87	21,38
AMOA	S_i	Acessibilidade da mão de obra [(2010-2000)-1]	0,24	0,16
CID	Q_i	Composição da Indústria	21244	10877,24
DAE	S_i	Distância euclidiana até aeroporto de Congonhas (Km)	6,98	4,20
DCE	Q_i	Densidade de emprego [(2010-2000)-1]	3,28	4,66
DEC	Q_i	Diversidade da base econômica [(2010-2000)-1]	0,25	0,24
DMT	S_i	Distância euclidiana mínima até estação de metrô ou trem mais próxima (Km)	1,24	0,93
DSC	Q_i	Localização do distrito em relação ao centro (Km)	4,10	2,75
FME^1	Q_i	Força de mercado 1[(2010-2000)-1]	-0,71	0,28
FME^2	Q_i	Força de mercado 2[(2010-2000)-1]	0,68	0,27
E	Q_i	Total de emprego [(2010-2000)-1]	2,49	1,64
DET	S_i	Variável <i>dummy</i> : 1 se tem estação (metrô/trem), 0 caso contrário	0,74	0,44
Tfam	h_i	Área total de solo para famílias [(2010-2000)-1]	0,01	0,71
Tfirm	e_i	Área total de solo para firmas [(2010-2000)-1]	-0,25	0,53

Fonte: elaboração própria, a partir dos dados fornecidos pelas bases supracitadas.

Analisando as variáveis *proxies* de produtividade (2010), nota-se que o gradiente de produtividade é decrescente em função do distanciamento dos centros de negócios analisados (Figura 1 e Figura 2). A ressalva fica por conta da variável FME^2 , cujo gradiente é crescente em relação ao distanciamento dos CBDs (Figura 3).

Teoricamente, a característica espacial decrescente da produtividade conduz a uma cidade centralizada, como destaca a Proposição 3. No município de São Paulo é possível notar uma cidade com concentração de empregos (Figura 5). Como resultado, espera-se que regiões onde a produtividade seja maior, a renda da terra também seja, justificando o porquê da aglomeração do nível de emprego na cidade.

Figura 1: Diversidade da Base Econômica em relação aos CBDs

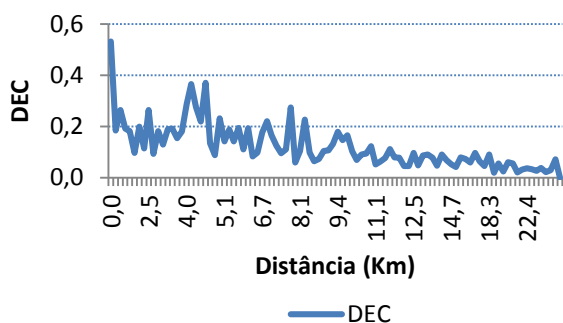
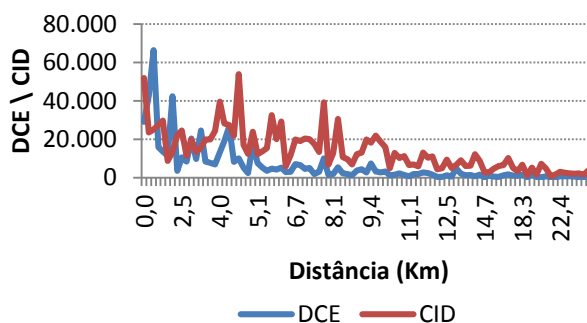
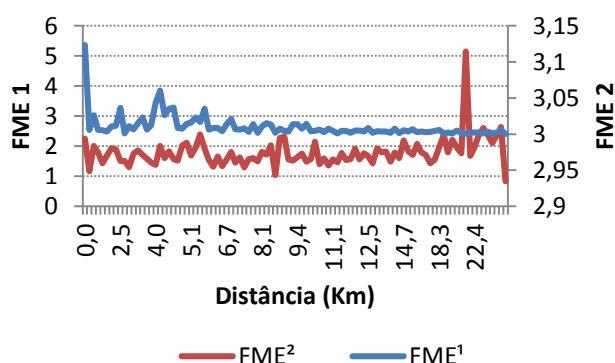


Figura 2: Densidade de Emprego e Composição da Indústria em relação aos CBDs



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS. Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS.

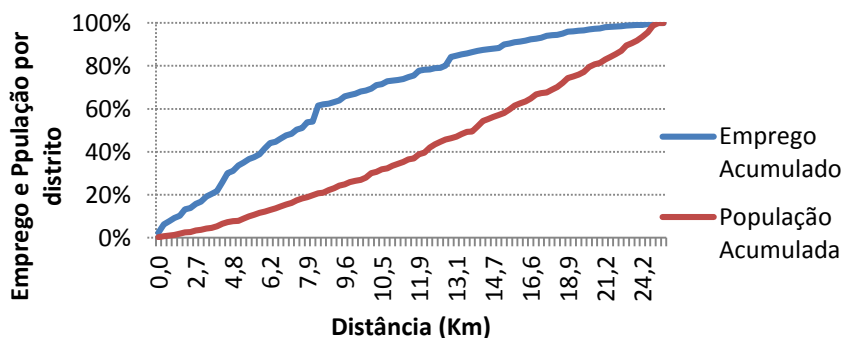
Figura 3: Força de Trabalho em relação aos CBDs



Fonte: elaboração própria a partir dos dados do SEADE

Assumindo a cidade como sendo linear e com um único centro (distrito Sé) é possível deprender que o uso do solo no MSP é misto, permitindo concluir que a hipótese de uso misto assumida *a priori* em Wheaton (2004) é factível. Nota-se que a concentração de emprego cresce rapidamente em torno do CBD, percebendo uma alteração da inclinação após a distância de 8 km do CBD. Cabe sublinhar que 60% do emprego ofertado no município estão nesse raio. Ademais, a velocidade de crescimento da concentração populacional é menor face à curva de emprego acumulado.

Figura 4: Dispersão acumulada do emprego e população

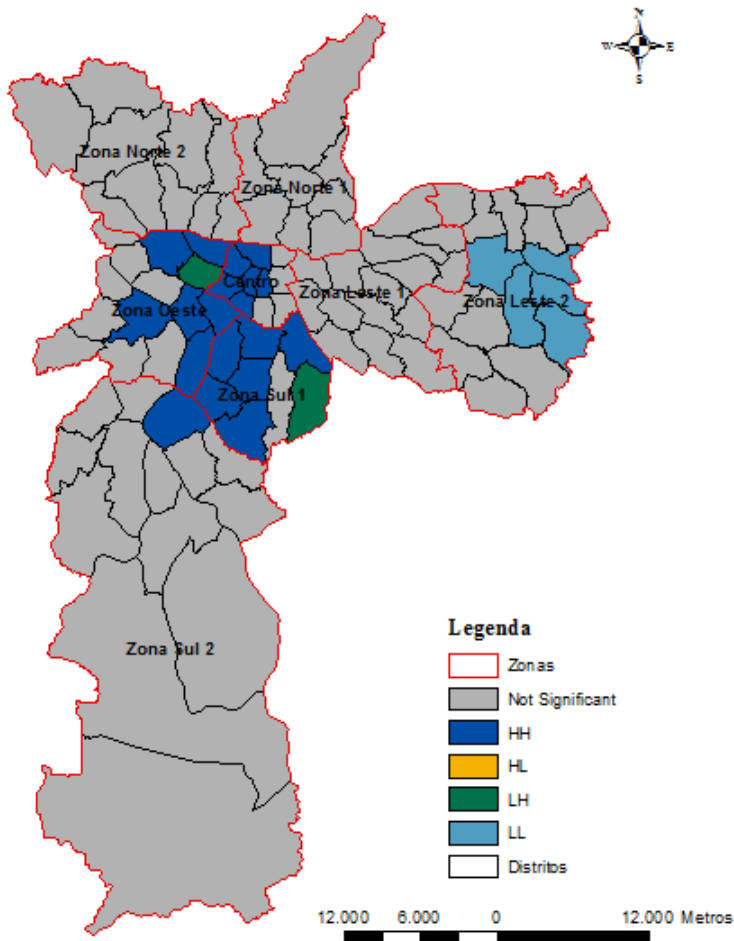


Fonte: elaboração própria a partir dos dados da RAIS e SEADE.

Observando a Figura 1, é possível notar que concentração espacial dos empregos se encontra na zona central, zona oeste e zona sul 1, regiões essas que formam um *cluster* alto-alto (HH): distritos

de alta concentração de postos de trabalho cercados por outros do mesmo tipo. Outro *cluster* significativo é o baixo-baixo (LL) na zona leste 2. Os *clusters* baixo-alto (LH) ressaltam os distritos que estão próximos àqueles que têm alta concentração de mão de obra. Os demais sublinham *clusters* insignificantes na análise espacial

Figura 5: Mapa de Clusters Espaciais de Emprego

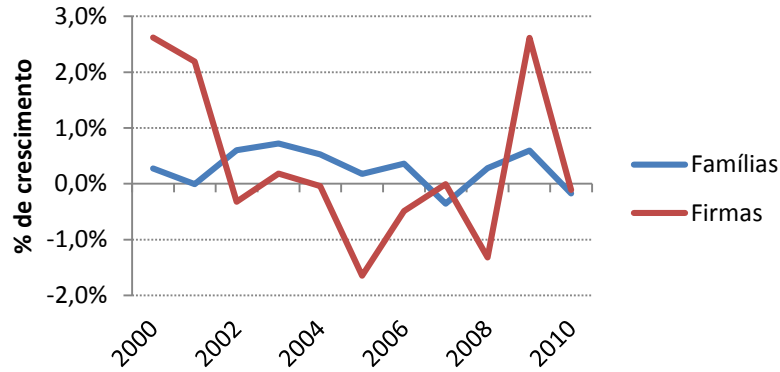


Fonte: elaboração própria com os dados da RAIS.

Até aqui é possível demonstrar de forma descritiva que o uso do solo é misto no município de São Paulo, quando se considera a divisão espacial por distritos. E, a partir do Figura 6, é possível depreender o comportamento do uso do solo para firma e família, segundo as descrições feitas na seção anterior.

Pode-se notar a existência, em algum sentido, de uma tensão no uso do solo no espaço intraurbano, pois as taxas de crescimento de uso do solo apontam em direções diferentes ao longo do tempo.

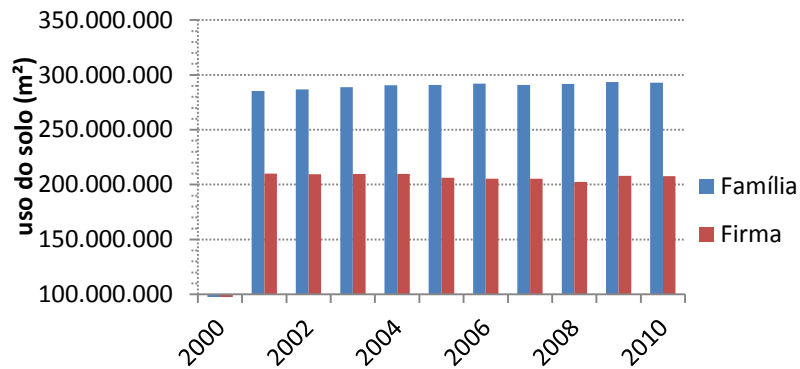
Figura 6: Taxa de crescimento área de terreno consumido



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da Dipro/SMDU.

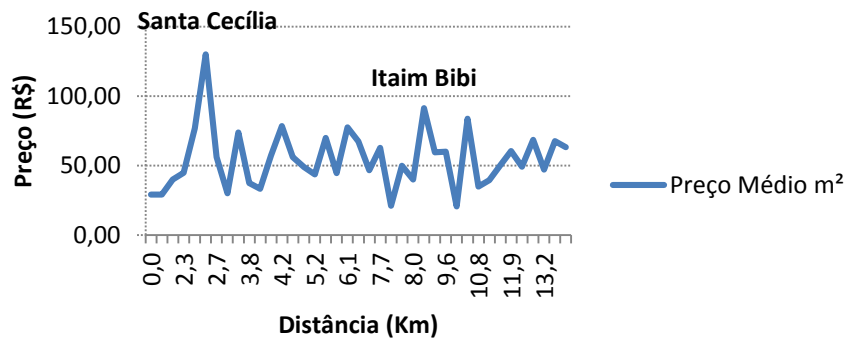
O Figura 7 é de crucial importância para a validade do modelo de Wheaton (2004), pois o modelo teórico pressupõe que a fronteira comercial seja menor que a fronteira residencial. Nota-se que o consumo do solo pelas famílias é, em média, em torno de 40% superior ao consumo das firmas (ao longo da década).

Figura 7: Consumo absoluto de área de terreno



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da Dipro/SMDU.

Figura 8: Preço médio por m² em relação a Sé



Fonte: elaboração própria com os dados da Buildings.

Analisando a dinâmica espacial do preço do solo para a firma, a partir do Figura 8, é possível perceber que não existe uma linearidade decrescente com o distanciamento do CBD. Essa característica espacial dos preços do solo reforça a pergunta da pesquisa. Em outras palavras, como demonstrado por Wheaton (2004), não é apenas o fator proximidade (ou distanciamento) do CBD que determina a renda do solo, mas existem outras forças econômicas atuando, tanto de forma favorável quanto desfavorável sobre a renda da terra.

6. Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta os resultados para o melhor modelo empírico linear, entendido quanto ao ajustamento às hipóteses teóricas de Wheaton (2004), bem como ao ajustamento econométrico. Cabe ressaltar, embora a dependência espacial não tenha demonstrado significância estatística em muitas variações do modelo empírico, este fato pode estar associado à utilização de variáveis que consideram a dimensão espacial, tais como as distâncias.

Tabela 3: Resultados da Análise de Renda do Solo

Modelo SEM		
Variáveis	Coef.	Prob.
CONSTANTE	97,4604*	0,0037
AMOA	-62,2683**	0,0127
CID	0,0002	0,4738
DAE	2,2718**	0,0410
DCE	-1,8061	0,1135
DEC	40,0980**	0,0447
DMT	-	-
DSC	-5,7391*	0,0008
FME ¹	12,9789	0,3030
FME ²	-	-
E	-	-
Tfam	-18,7948**	0,0154
Tfirm	21,3179**	0,0123
<i>Lambda</i>	-0,1716	0,5782
Pseudo R-squared		0,33718
Grau de liberdade		29
Matriz de Pesos Espaciais		Rainha

Nota: * $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; *** $p < 0.1$

Analisando os resultados segundo a estrutura do modelo teórico, parte-se da análise das variáveis que tratam do fator produtividade.

Tamanho do centro (E). Nesse modelo que apresentou maior significância estatística para as variáveis *Tfam* e *Tfirm*, o tamanho do centro, medido pelo número absoluto de emprego, não foi considerado¹⁹.

Densidade do centro (DCE). A expectativa é que baixa densidade de emprego apresente maior espaço para crescimento da firma. Todavia, assumindo a escassez do espaço, o impacto do crescimento de emprego em determinada região implica em redução da renda da terra, sugerindo que as externalidades negativas (congestionamento, por exemplo) sobrepõem os efeitos positivos da aglomeração ótima dos postos de emprego.

Composição da indústria (CID). A composição da indústria não apresentou efeito estatisticamente significativo em qualquer modelo empírico estimado. O baixo valor do coeficiente da variável e a não significância estatística podem estar atrelados ao fato da

¹⁹ O coeficiente da variável é estatisticamente insignificante para todos os modelos estimados por SEM.

concentração econômica do município se localizar no setor de serviços. Como os distritos analisados sofrem impactos majoritários decorrentes do crescimento do setor de serviços, o resultado é pouca variância do índice (entre distritos), o que não impacta a renda da terra.

Diversidade da base econômica (DEC). O coeficiente para a diversidade econômica apresentou-se estatisticamente significativo. É importante ressaltar o alto impacto na renda da terra quanto à diversidade da base econômica. Por construção, a *DEC* varia entre 0 e 1, o distrito mais diversificado, relativamente aos demais, apresenta maior impacto positivo sobre a renda da terra. Esse resultado é coerente com a hipótese da teoria da localização: centros menos especializados tendem a apresentar menor crescimento em comparação os centros mais diversificados.

Força de Mercado (FME). O coeficiente da variável *FME*¹ não é significativo estatisticamente, mas apresenta o sinal esperado, de acordo com o modelo teórico proposto por Wheaton (2004): altos salários implicam em elevação da renda do solo. Todavia, para este modelo, pode-se dizer que o crescimento do salário não é capaz de explicar, estatisticamente, a renda da terra no município de São Paulo.

Localização do SDB em relação ao CBD (DSC). A variável *DSC* busca estimar o gradiente da renda da terra. O coeficiente da variável é estatisticamente significativo e apresenta o sinal esperado. O distanciamento de qualquer um dos dois CBD implica em decréscimo da renda da terra. É importante sublinhar que o impacto do distanciamento dos CBDs é relativamente alto, aludindo ao fato que existe ganho de aglomeração no MSP em torno desses dois centros.

Expõem-se abaixo o comportamento das *proxies* utilizadas para medir a capacidade de deslocamento.

Acessibilidade da mão de obra (AMOA). A estimativa do coeficiente da variável *AMOA* demonstrou-se estatisticamente significativa. Assim, o distanciamento que a firma tem da mão de obra disponível dentro da cidade implica em queda de produtividade. Isto ocorre porque a firma terá que aumentar a remuneração a estes trabalhadores para compensar o custo de transporte. É importante ressaltar que, dentre as variáveis estimadas, o afastamento da PEA de cada distrito em relação ao CBD implica numa redução de R\$ 65,00/Km na renda da terra.

Acesso ao aeroporto de Congonhas (DAE). O distanciamento do aeroporto de Congonhas atua elevando a renda da terra para as firmas. Contudo, não é o esperado pelo modelo teórico (esperava-se que o distanciamento do meio de transporte reduzisse a renda). Este resultado pode estar vinculado ao congestionamento ou barulho na vizinhança do aeroporto ou pelo fato que a região do aeroporto de Congonhas concentra imóveis residenciais.

Acesso às estações de metrô e/ou trem (DMT). O modelo apresentado acima não considerou o acesso às estações. Retirou-se a variável devido ao fato de que o fator acessibilidade pode ser explicado pela variável *AMOA*.

No que se refere ao uso do solo, é possível corroborar a existência de tensão do uso do solo na cidade de São Paulo ao focar nas variáveis *Tfam* e *Tfirm*. Os coeficientes de ambas variáveis apresentam significância estatística, bem como apresentam o sinal esperado. O uso do solo pelas famílias atua negativamente sobre a renda da terra sob a ótica da firma, enquanto o uso do solo pelas firmas impacta positivamente sobre a renda.

Tal comportamento pode ser compreendido como a remuneração pela aglomeração, isto é, distritos cujo consumo do solo seja mais concentrado pelo agente firma fariam com que a renda da terra fosse maior. Em contrapartida, distritos com concentração em residência não contribuiriam com a externalidade da aglomeração, levando à redução da renda do solo para fins comerciais.

É relevante sublinhar que, no modelo empírico estimado, o impacto do consumo do solo pelas famílias é menor que o impacto do consumo do solo pelas firmas. Assim, no ambiente em que exista espaço para ambos agentes econômicos utilizarem o solo, o impacto líquido sobre a renda do solo será positivo, caso ambos consumam partes iguais. Isto é, em termos monetários, o impacto negativo do consumo do solo para fins residenciais é R\$ 18,8/m². Em contrapartida, o consumo do solo para fins comerciais é R\$ 21,8 m², para um incremento de 1% na taxa de utilização do solo para cada tipo de agente econômico (família e firma), respectivamente.

Portanto, política pública de planejamento urbano via lei de zoneamentos, vendas de outorgas onerosa²⁰ e o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) podem ser elencados juntos aos fatores aleatórios propostos por Wheaton (2004) e estes são capazes de estimular ou desestimular o uso do solo para cada fim. Tais intervenções públicas, além de alterar a paisagem do espaço urbano, impactam sobre renda do uso do solo para a firma. Sendo assim, o modelo teórico estimado é capaz de sugerir possíveis deslocamentos na renda da terra por distrito.

Do ponto de vista normativo de políticas públicas no que diz respeito ao uso do solo, é possível pontuar que incentivos que gerem usos mistos do espaço urbano podem ser usados como forma de controlar a renda do solo. Em outras palavras, assumindo que determinado distrito tenha solo reservado, por lei de zoneamentos ou por redução fiscal, para uso comercial, pelo modelo acima, isso elevaria a renda do solo nesta localização. Ademais, esse fato implicaria em maiores congestionamentos na região e no seu entorno, isso porque os postos de trabalho estariam totalmente concentrados.

Entretanto, se os incentivos gerados forem em direção ao uso misto do solo, percebe-se, segundo o modelo estimado, que a renda da terra seria equilibrada, evitando uma pressão sobre a renda do solo na região em questão.

Do ponto de vista do setor privado (construtoras e/ou incorporadoras, por exemplo), o estudo é capaz de nortear os lançamentos de imóveis corporativos e/ou residenciais, permitindo que estas estimem o impacto na renda da terra em determinada região ao ofertar para firmas, bem como pode considerar o impacto que seu concorrente gera no mercado ao ofertar esse mesmo produto. Portanto, numa região em que o uso seja misto e a incorporadora e/ou construtora tenha(m) a possibilidade de ofertar imóveis para fins residenciais, comerciais ou ambos, o modelo empírico coopera na tomada de decisão por parte da firma, isto é, pode indicar se a melhor decisão será esperar para ofertar, antes ou simultaneamente com seu concorrente, dado que a firma saiba a decisão de oferta da outra (considerando apenas os fatores inseridos no modelo).

7. Considerações Finais

Assim como na cidade hipotética ajustada por Wheaton (2004), o comportamento da produtividade no município de São Paulo apresenta gradiente de produtividade decrescente em relação à distância, justificando o porquê dos empregos não serem consideravelmente espalhados. Ademais, esse comportamento da produtividade no município também contribui para elucidar a composição mista do uso da solo cidade. Regiões com características de CBD apresentam uma relação de uso do solo para firma e família mais igualitária e, algumas vezes, o uso pelas firmas superam. Em contrapartida, ao se distanciar dos CBDs, o uso relativo do solo, pelas firmas, é menor.

Da paisagem urbana cristalizada até então na cidade de São Paulo, é possível compreender que a renda do solo para a firma é maior quanto mais próximo dos centros de negócios, em decorrência das externalidades positivas fornecidas pela aglomeração nesses

²⁰Área adicional de construção que pode ser obtido mediante pagamento. Os recursos da outorga onerosa são direcionados ao Fundo Municipal de Urbanização(FUNDURB) e utilizados na implantação de melhorias na cidade.

locais. Dessa forma, os fatores que contribuem com a produtividade da firma e com o deslocamento elevam a renda da terra, sob a ótica da firma.

De outra forma, o estudo contribui à sinalização de medidas que elevam a renda da terra para as firmas, podendo ser útil para entender quais fatores seriam capazes de incentivar o deslocamento do eixo dinâmico da cidade (formação de outros CBDs). Ademais, a concentração de emprego no município representa a importância da aglomeração, sendo esta capaz de atuar como força centrífuga, “empurrando” as firmas aos CBDs e vizinhanças.

Desses resultados e das discussões feitas nesse trabalho, a pesquisa também contribui com a literatura empírica nacional e internacional ao trazer a discussão sobre o uso misto do solo sob a ótica da firma, testando um modelo teórico, tema este que não foi encontrado na literatura nacional e internacional, utilizando uma abordagem econométrica.

Ao levar em consideração o planejamento urbano (lei de zoneamento, taxações, localização das empresas públicas, por exemplo), a análise ganha importância ao permitir entender o efeito dessas medidas sobre a renda do solo (firma) no espaço intraurbano. Esses instrumentos de planejamento urbano podem ser utilizados para manter a estabilidade da renda da terra espacialmente, podendo, em algum sentido, controlar possíveis pressões sobre o preço dos imóveis.

A contribuição do estudo também se estende ao setor privado. É possível que as incorporadoras internalizem à sua tomada de decisão a oferta de seus concorrentes, buscando obter vantagens sobre a variação da renda do solo, postergando ou antecipando os lançamentos e, evidentemente, considerando o tipo de produto que pretende ofertar (residências ou escritórios, por exemplo).

Assim, o modelo empírico foi capaz de demonstrar a tensão entre firmas e famílias pelo uso do solo e como esta tensão impacta sobre a renda da terra.

É relevante expor algumas limitações da abordagem. Primeiro, que o modelo teórico impõe várias restrições para chegar à renda da terra que maximiza o lucro da firma. Esta limitação pode ser superada no campo teórico, buscando relaxar tais hipóteses e sublinhar o novo equilíbrio da renda do solo. E, num segundo momento, como sugestão, pode-se testar um novo modelo empírico para o município de São Paulo ou outra cidade. Segundo, a limitação das variáveis *proxies* utilizadas para produtividade e acessibilidade. Como sugestão, propõe-se a receita bruta das firmas como medida de produtividade e para estimar a acessibilidade propõe o tempo de deslocamento de cada distrito para os CBDs, considerando assim o congestionamento. Terceiro, seria útil ampliar a amostra incorporando outros distritos.

Referencial teórico

ALMEDIJA, E. S. *Econometria espacial aplicada*. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CÂMARA, G. *Modelos de simulação e prognósticos de mudanças de uso do solo urbano: instrumento para o subsídio de ações e políticas públicas urbanas*. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional –Anpur. Salvador, Bahia, Brasil. 2005.

ALONSO, W. *Location and land use: Toward a general theory of land rent*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1964.

ANAS, A.; KIM, I. *General equilibrium models of polycentric land use with endogenous congestion and job agglomeration*. *Journal of Urban Economics*, v. 28, p. 318-325, 1996.

ANSELIN, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Boston: Kluwer Academic, 1988.

BLAIR, J. P.; PREMUS, R. *Major factors in industrial location: a review*. *Economic Development Quarterly*, v. 1, p. 72-85, 1987.

- BRADBURY, K. L.; DOWNS, A.; SMALL, K. A. *Urban decline and the future of American cities*, Brookings Institution, Washington, DC, 1982.
- BRIASSOULIS, H. *Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches*. University of Aegean, Lesvos, Grécia, 2000. (Tese de Doutorado).
- CAVAILHÈS, J.; GAIGNÉ, C.; TABUCHI, T.; THISSE, J. F. *Trade and the structure of cities*. *Journal of Urban Economics*, v. 62, p. 383-404, 2007.
- DINIZ, C. C.; CROCCO, M. A. *Reestruturação econômica e impacto regional: o novo mapa da indústria brasileira*. *Nova Economia*, v. 6, n. 1, 1996.
- FUJITA, M.; OGAWA, H. *Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations*. *Regional Science and Urban Economics*, v. 12, p. 161-196, 1982.
- GIULIANO, G.; SMALL, K. A. *The determinants of growth of employment subcenters*. *Journal of Transport Geography*, Vol. 7, p. 189-201, 1999.
- HANSEN, W. G. *How accessibility shapes land use*. *Journal of American Institute of Planners*, v. 25, p. 73-76, 1959.
- HARTIWICK, P. G.; HARTIWICK, J. M. *Efficient resource allocation in a multinucleated city with intermediate goods*. *Quarterly Journal of Economics*, v. 88, p. 340-352, 1974.
- HENDERSON, V.; KUNCORO, A.; TURNER, M. *Industrial development in cities*. *Journal of Political Economy*, v. 103, n. 5, 1995.
- HUALLCHÁIN, B. Ó.; SATTERTHWAITTE, M. A. *Sectorial growth patterns at metropolitan level: an evaluation of economic development incentives*. *Journal of Urban Economics*, Vol. 31, p. 25-58, 1992.
- JACOBS, J. *Economy of cities*. New York: Vintage, 1969.
- LEMOS, M. B. *Espaço e capital: um estudo sobre a dinâmica centro x periferia*. Campinas: IE/UNICAMP, 1988. (Tese de Doutorado).
- KIM, T. J. *A combined land use-transportation model when zonal travel demand is endogenously determined*. *Transportation Research*, v. 17B, p. 449-462, 1983.
- MARSHALL, A. *Principles of Economics*. London: Macmillan, 1890.
- MEYER, R.; GROSTEIN, M. D.; BIDERMAN, C. *São Paulo Metrópole*. Editora da Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.
- MUTH, R. *Cities and housing*. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
- ODLAND, J. *The conditions for multi-centered cities*. *Economic Geography*, Vol. 54, p. 234-245, 1978.
- SZMRECSÁNYI, T. *História econômica da cidade de São Paulo*. São Paulo: Globo, 2004.
- SOLOW, R. *Congestion costs and the use of land for streets*. *Bell Journal*, v. 4, n. 2, p. 602-618, 1973.
- TYSZLER, M. *Econometria especial: discutindo medidas para a matriz de ponderação espacial*. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2006. (Dissertação de Mestrado).
- WHEATON, W. C. *Commuting, congestion, and employment dispersal in cities with mixed land use*. *Journal of Urban Economics*, v. 55, p. 417-438, 2004.
- WHITE, M. J. *Firm suburbanization and urban subcenters*. *Journal of Urban Economics*, v. 3, p. 323-343, 1976.
- WIEAND, K. F. *An extension of the monocentric urban spatial equilibrium model to a multicenter setting: the case of the two-center city*. *Journal of Urban Economics*, Vol. 21, p. 259-271, 1987.