

CARACTERIZAÇÃO E DETERMINANTES DOS MOVIMENTOS PENDULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE: EVIDÊNCIAS A PARTIR DE UM MODELO GRAVITACIONAL

Characterization and determinants of commuting in the Recife Metropolitan Region: evidence from a gravitational model

Danyella Juliana Martins de Brito

Economista. Doutora em Economia pelo Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar/UFMG). Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE-CAA). danyjbrito@hotmail.com

Hilton Martins de Brito Ramalho

Economista. Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia (Pimes/UFPE). Professor do Departamento de Economia no Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFPE). hiltonmbr@gmail.com

Resumo: O artigo investiga o padrão da mobilidade urbana na Região Metropolitana do Recife (RMR), identificando os fluxos pendulares e a importância de características-chaves nos fluxos pendular intrametropolitano. Assim, um modelo gravitacional foi empregado para análise de forças de atração e de repulsão dos fluxos pendulares. Os principais resultados observados apontam que: (i) a distância entre os municípios de residência e de trabalho/estudo atua como uma força de repulsão sobre os fluxos pendulares, isto é, os fluxos pendulares são, em média, maiores entre regiões mais próximas; (ii) e o índice de desenvolvimento humano (IDH) municipal mostrou-se determinante para os fluxos pendulares, de modo que quanto maior o IDH no município de origem menores serão os fluxos pendulares. Tais resultados indicam que é importante considerar tanto a proximidade entre mercados residenciais e de trabalho, como o nível de desenvolvimento local, para o desenho de políticas públicas voltadas para a mobilidade urbana.

Palavras-chave: Deslocamento Pendular; RMR; Modelo Gravitacional.

Abstract: This paper aims to evaluate the characteristics of urban mobility in the Recife Metropolitan Region (RMR), identifying the strength of the commute flows and the role of important characteristics over the urban mobility. To this purpose, a gravity model was used to analyze the main determinants of commuting among the cities in RMR. The following points summarize our main finds. First, the distance between the municipalities of residence and work/study decreases the commuting flows, i.e. the commuting flows are on average higher among nearest regions. Second, the municipal human development index of residence is negatively correlated with the commuting flows, while the most developed municipalities have attracted more commuters. Therefore, the results suggest that public policies directed to urban mobility should be designed taking account different levels of local development.

Keywords: Commuting; RMR; Gravity Model.

1 INTRODUÇÃO

Os deslocamentos cotidianos da população no tocante aos percursos entre domicílio e local de trabalho/estudo (movimentos pendulares) estão diretamente atrelados aos processos de crescimento urbano, desenvolvimento econômico e social (JARDIM, 2011). As aglomerações urbanas tendem a produzir elevados custos habitacionais e problemas de congestionamento que, por conseguinte, trazem impasses para a concretização do padrão de vida almejado pelas famílias. Nesse contexto, espera-se que a decisão de moradia leve em consideração a relação entre custos da mobilidade pendular, custos de habitação e expectativa de qualidade de vida (ÂNTICO, 2005; MIRANDA; DOMINGUES, 2010). Ademais, a densidade de oferta de trabalho e as economias urbanas também são documentadas como importantes condicionantes da mobilidade pendular (VAN OMMEREN; RIETVELD; NIJKAMP, 1997; AXISA; NEWBOLD; SCOTT, 2012). Enquanto a concentração espacial de empregos atua como uma força inibidora da demanda residencial em localidades mais distantes, as economias geradas por aglomerações urbanas favorecem o pagamento de maiores remunerações, as quais tendem a compensar os custos de residência em locais mais distantes do eixo dinâmico da economia (menores preços de habitação).¹ Se por um lado os movimentos pendulares podem ser apontados como possíveis indicativos de integração urbana, por outro, representam reflexos das desigualdades econômicas, sociais e espaciais (NOWOTNY, 2010; PEREIRA; HERRERO, 2009). Destarte, mensurar o volume e o sentido dos deslocamentos entre domicílio e lugar de trabalho/estudo é de extrema relevância, não apenas para entender o padrão de mobilidade das pessoas no espaço urbano, como também para diagnosticar oportunidades e obstáculos característicos das grandes cidades. Vale ressaltar que no âmbito internacional, tais movimentos e seus determinantes têm sido amplamente estudados, a exemplo de estudos feitos para os Estados Unidos, Irlanda, Alemanha, Suécia, Canadá (MCLAFFERTY, 1997; LLOYD; SHUTTLEWORTH, 2005; PAPANIKOLAOU, 2006; SANDOW; WESTIN, 2010; AXISA; NEWBOLD; SCOTT, 2012). Os movimentos pendulares são mais intensos entre cidades

1 Tal compensação pode ser limitada na presença de assimetria de informação e elevados custos de mobilidade.

de maior concentração populacional, e consequentemente, são um importante aspecto da dinâmica urbana específica de áreas metropolitanas. Não apenas a configuração espacial e temporal dos deslocamentos pendulares, como o próprio padrão desses trajetos apresentam complexidades e multiplicidades de características nos diferentes espaços territoriais, o que dificulta as investigações para uma nação como um todo, dadas as dinâmicas próprias das distintas áreas metropolitanas.

No caso do Brasil, os estudos realizados, sobre a temática em foco, abordam geralmente os movimentos pendulares sob uma perspectiva exploratória de distribuição geográfica e de perfil dos trabalhadores em distintas áreas metropolitanas (ÂNTICO, 2005; ARANHA, 2005; MIRANDA; DOMINGUES, 2008). Desse modo, há uma lacuna evidente no que tangencia o entendimento dos fatores que afetam os fluxos pendulares no país. Ademais, cabe ressaltar que a Região Metropolitana do Recife (RMR) ainda é pouco explorada nos estudos sobre a temática em destaque, a despeito de sua importância para a economia nacional. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, a RMR registrou a maior taxa de mobilidade pendular – percentual de residentes que trabalhavam ou estudavam em outro município – (18,3%) frente as principais regiões metropolitanas do país, como São Paulo (13,3%) e Rio de Janeiro (13,8%). Não obstante, a referida área metropolitana também apresenta expressivas taxas de pendularidade quando comparada às duas outras principais regiões metropolitanas nordestinas, Fortaleza (6,9%) e Salvador (6,7%). A RMR também registra a quinta maior população metropolitana do país, além de abrigar o Complexo Industrial e Portuário de Suape e o Porto Digital.² Outro fator determinante, que ilustra a relevância da análise da mobilidade pendular na RMR, é o avançado processo de conurbação em tal território. Em uma região metropolitana populosa, em que o limite territorial

2 O Complexo Industrial e Portuário de Suape é considerado um importante polo para a localização de negócios industriais e portuários na Região Nordeste, com grandes investimentos relativamente recentes, a exemplo da Refinaria Abreu e Lima, Estaleiro Atlântico Sul e Polo Poliéster, e uma área de 1.774,07 km² (1,8% de Pernambuco), distribuída em zonas Portuária, Industrial, Administrativa e Serviços e de Preservação Ecológica (CONDEPE/FIDEM, 2008). O Porto Digital, por sua vez, trata-se de um Arranjo Produtivo de Tecnologia da Informação, Comunicação e Economia Criativa, situado no Bairro do Recife na capital pernambucana, que se destaca na produção de softwares e sistemas para gerenciamento de tráfego e transporte. O Complexo Industrial e Portuário de Suape e o Porto Digital impactam diretamente na dinâmica econômica do Estado.

entre algumas cidades não é evidente, e com um sistema de transporte público integrado – como é o caso da RMR –, é imprescindível que se avance na compreensão da complexidade dos deslocamentos pendulares em tal localidade. Apenas assim, é possível começar a identificar as implicações de um elevado fluxo pendular sobre o mercado de trabalho e para a sociedade.

Dado o panorama anterior, este artigo usa dados do Censo Demográfico de 2010 para caracterizar o padrão da mobilidade pendular intermunicipal na RMR, e identificar os principais condicionantes espaciais dos fluxos pendulares a partir da estimativa de um modelo gravitacional robusto à presença de barreiras e/ou custos multilaterais não observados. Com essa abordagem, que até o presente não tem sido utilizada para o exame dos movimentos pendulares, torna-se possível identificar fatores regionais de repulsão e de atração determinantes dos fluxos pendulares intermunicipais.

O artigo encontra-se dividido em seis seções, incluindo essa introdução. Na próxima seção, é apresentada uma breve revisão da literatura. A terceira seção explana como foi tratada a base de dados e a estratégia empírica empregada nessa pesquisa. A caracterização dos movimentos pendulares na RMR é discutida na quarta seção. A quinta seção, por conseguinte, contém os resultados empíricos, e, na última seção, são apresentadas as principais considerações a respeito dos resultados encontrados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os movimentos pendulares que envolvem maiores distâncias (deslocamentos intermunicipais, por exemplo) podem ser vistos por duas óticas distintas: i) como uma solução temporária de escolha entre local de residência e local de trabalho, ou ii) como uma estratégia de promoção de carreira e/ou qualidade de vida (assumindo um caráter de longo prazo). Nesse contexto, Moura, Branco e Firkowski (2005), por exemplo, destacam aspectos como custos e a qualidade do transporte, duração dos deslocamentos casa/trabalho (escola), dinâmica do mercado de trabalho, oportunidades de estudo e concentração/desconcentração da indústria como importantes fatores relacionados à mobilidade pendular.

Existem duas principais perspectivas teóricas sobre os movimentos pendulares. A primeira visão postula que a desconcentração espacial, dinamiza-

da pelos processos de urbanização e de dispersão populacional, tem aumentado as distâncias dos percursos casa-trabalho; enquanto a segunda abordagem assume que a progressiva descentralização do emprego e desenvolvimento de infraestruturas provocam redução das distâncias percorridas na mobilidade pendular (GORDON; RICHARDSON; JUN, 1991; PAPANIKOLAOU, 2006).

A literatura especializada apresenta uma série de evidências sobre os movimentos pendulares a partir de estudos realizados em diferentes países. Em linhas gerais, os achados documentados reforçam a importância de fatores como a densidade espacial de empregos, distâncias, custos de transporte, preço de habitação, provisão de bens públicos e infraestrutura, amenidades, qualidade de vida e salários no meio urbano, conforme algumas das principais pesquisas elencadas a seguir.

Em estudo para Holanda no período de 1992-1993, Van Ommeren, Rietveld e Nijkamp (1997) investigaram a relação entre mobilidade pendular, custos de transporte e informação imperfeita. Destarte, procuraram verificar, por um lado, se aqueles trabalhadores que recebem mais ofertas de emprego realizam deslocamentos pendulares mais curtos, e, por outro, se trabalhadores que mudaram recentemente de emprego realizam trajetos pendulares mais longos. Seus achados corroboram ambas as hipóteses, ao mostrarem que distâncias pendulares estão negativamente relacionadas com a taxa de criação de empregos e positivamente relacionadas com a mudança de emprego recente.

So, Orazem e Otto (2001) examinaram como os salários, os preços da habitação e tempo de deslocamento pendular afetam as decisões conjuntas de onde trabalhar e onde morar dos trabalhadores residentes do estado norte-americano de Iowa. No modelo de múltiplas escolhas usado pelos autores em foco, os indivíduos escolhem se residem na região metropolitana da capital Des Moines ou nas comunidades não metropolitanas nos arredores de Des Moines; assim como, se querem trabalhar na comunidade em que vivem ou realizar o deslocamento pendular. Seus resultados sugerem que melhorias no transporte, capazes de prover menor tempo gasto no deslocamento pendular, aumentam as populações não metropolitanas e o número de *commuters* não metropolitanos que realizam o deslocamento em direção aos mercados metropolitanos. Ademais, políticas que

incentivam a expansão econômica nos mercados metropolitano e não metropolitano promovem um crescimento dos salários, em ambos os mercados de trabalho, o que acarretaria um crescimento da população concentrada nas áreas metropolitanas. Por sua vez, políticas que elevam os preços dos aluguéis, provocam um deslocamento da população para as áreas mais afastadas do centro urbano.

As distintas provisões espaciais de bens públicos também podem de alguma forma afetar os deslocamentos pendulares entre cidades. Neste contexto, Nowotny (2010) investigou o deslocamento pendular agregado com enfoque sobre as questões de se e como a provisão de bens públicos – tais como instituições de ensino ou centros de saúde, e amenidades locais – afetam as decisões de deslocamento para outros municípios por motivo de trabalho. A hipótese de base dessa análise é a de que os indivíduos optam por trabalhar em um município capaz de oferecer bens públicos ou amenidades de consumo – tais como possibilidades de compras –, que o seu local de residência não o faz ou onde uma maior variedade desses bens públicos ou amenidades podem ser encontrados (NOWOTNY, 2010).

Na aplicação empírica, Nowotny (2010) utiliza as informações agregadas sobre pendulares da província austríaca de Vorarlberg para construção dos fluxos de deslocamentos pendulares entre municípios. Por meio de regressão censurada e modelos de dados de contagem,³ o autor percebe que a distância entre os municípios (como *proxie* para os custos de locomoção) afeta as decisões a respeito da pendularidade no nível agregado, no sentido de que os fluxos pendulares diminuem com o aumento da distância e aumentam para os municípios e comunidades vizinhas dentro do mesmo distrito. Outro achado interessante diz respeito às condições do mercado de trabalho nos municípios de origem e destino, que contribuem de maneira significativa para explicar os fluxos pendulares. Tais fluxos mostraram-se maiores quanto maior era a taxa de desemprego no município de origem, e

uma proporção mais elevada de emprego no município de destino está associada a fluxos pendulares mais elevados para estes. Referente a amenidades locais e a provisão espacialmente diferenciada de bens públicos, apesar dos resultados serem menos robustos, estes sugerem que tais indicadores podem, em certa medida, ajudar a explicar os fluxos pendulares intermunicipais. Resultados robustos foram encontrados para amenidades de consumo, tais como o número de lojas e a existência de lares de idosos no município de destino, que, *ceteris paribus*, contribuem significativamente para explicar a magnitude dos fluxos pendulares maiores. Já os resultados atrelados à existência de hospitais e à oferta de instituições de ensino são inconsistentes ou não se sustentam para as distintas modelagens.

Em relação aos estudos sobre deslocamento pendular no contexto nacional, estes estão essencialmente centralizados na área da Demografia. Assim, pode-se dizer que, no Brasil, estudos sobre mobilidade pendular têm por base a exploração dos fluxos e do perfil dos indivíduos envolvidos. Os estudos brasileiros exploram basicamente as informações disponíveis nos Censos Demográficos, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cada dez anos, e os dados da Pesquisa Origem-Destino. Essa última, é realizada exclusivamente para algumas das regiões metropolitanas dos diferentes estados brasileiros. A pesquisa objetiva examinar o padrão dos deslocamentos urbanos, em razão de algumas características da população, e são providenciadas pelos governos dos estados.

Ântico (2005) realizou uma análise exploratória das informações referentes aos deslocamentos pendulares ocorridos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no ano de 2000, abordando-os como um possível indicativo das desigualdades e heterogeneidades espaciais e sociais presentes na referida localidade. Como esperado, a maior concentração dos deslocamentos pendulares ocorridos em 2000, no território da RMSP, foi em direção à área central metropolitana, diga-se o município de São Paulo. Ântico (2005) observa que São Paulo também se destaca pela grande concentração de empregos, bem como pelas mais elevadas rendas médias familiares, o que, interligado à expansão da residência de trabalhadores de baixa renda em áreas periféricas, sugere que tais trabalhadores são relativamente mais afetados por maiores trajetos casa-trabalho.

3 É importante destacar que a comparação entre os modelos de regressão linear e censuradas mostra que descartar as informações de fluxo “zero” da amostra conduz a grandes diferenças em relação ao tamanho das estimativas. No estudo, fica evidente que o método de MQO padrão subestima o efeito da distância sobre os fluxos pendulares, comparativamente aos modelos de regressão censurada. Avaliando entre os modelos de dados de contagem, percebe-se que um modelo de regressão binomial negativo inflado de zeros (ZINBRM) é preferido aos modelos de Poisson (inflado de zeros) e Binomial negativo por causa da sobre dispersão e devido ao grande número de observações zero na amostra (NOWOTNY, 2010).

Os movimentos pendulares entre municípios da Região Metropolitana de São Paulo também foram objeto de análise de Aranha (2005), que também observou, através de análise exploratória, a existência de uma tendência centrípeta que direciona a população para o município de São Paulo. Vale ressaltar que o conceito de mobilidade pendular adotado por Ântico (2005) e Aranha (2005) se refere às viagens realizadas pelos residentes da região metropolitana de análise entre o município de residência e o município de trabalho ou estudo.

Moura, Branco e Firkowski (2005), de maneira semelhante, consideram o mesmo conceito de *commuter* de Ântico (2005) e Aranha (2005), e analisam os movimentos pendulares para os principais espaços urbanos do Brasil, com base no Censo Demográfico de 2000 e nas pesquisas do tipo origem-destino. As autoras concluíram que alguns fatores são decisivos na determinação da pendularidade, a saber: a dinâmica do mercado de terras nos municípios centrais dos aglomerados urbanos; a recente desconcentração da indústria para municípios mais afastados do centro (distritos industriais); o acesso diferenciado ao mercado de trabalho; oportunidades de estudo; os custos atrelados ao transporte e tempo alocado nos movimentos pendulares.

Miranda e Domingues (2008), através de análise descritiva, examinaram os movimentos pendulares na Região Metropolitana de Belo Horizonte, relacionando-os com as teorias econômicas de localização residencial.⁴ Os autores utilizaram dados da Pesquisa Origem-Destino para região, realizada em 2001, pela Fundação João Pinheiro, bem como algumas informações do IBGE. Também assumiram deslocamentos pendulares exclusivamente por motivo de trabalho, não levando em consideração, explicitamente, os fluxos entre municípios. Seus resultados mostraram que, independente da renda, grande parte da população da região metropolitana reside relativamente perto (menos de 30 minutos de deslocamento) do local de trabalho.

4 As teorias de localização residencial estão diretamente atreladas à chamada Nova Economia Urbana, estruturada no século XX, e as contribuições, especialmente, de Alonso (1964), Mills (1972) e Muth (1969). Adaptando as ideias de Von Thünen (1826) e focando na economia urbana, Alonso (1964) argumenta que as famílias que moram na cidade escolhem sua localização e o tamanho de suas residências focando nos custos de moradia, bem como introduz a análise da máxima disposição a pagar pela moradia em determinada localização (o conceito de curvas de *bid rent*). Ainda no mesmo período, Muth (1969) e Mills (1972) complementam as ideias Alonso (1964), dando origem ao conhecido modelo de Alonso-Muth-Mills (AMM).

Jardim (2001) e Jardim e Ervatti (2007) examinaram os deslocamentos pendulares intrametropolitanos por motivo de trabalho ou estudo no Rio de Janeiro e observaram a existência de diferenças marcantes entre os indivíduos que realizam esses movimentos e aqueles que não o fazem. Aqueles que se deslocaram do seu município de residência para trabalhar ou estudar em outro município, na maioria (cerca de 70%), recebia até 5 salários mínimos e, por outro lado, entre os indivíduos com maior instrução e renda – diga-se acima de 10 salários mínimos –, aqueles que realizavam o deslocamento auferiam rendimentos menores em relação aos indivíduos, em igual condição, que não realizavam o movimento. Já quando foram examinados os municípios produtores de petróleo no estado do Rio de Janeiro, o rendimento médio dos indivíduos que realizavam o deslocamento pendular superou aquele observado para o grupo que não praticava a mobilidade pendular.

Através de uma abordagem de modelos hierárquicos, Miranda e Domingues (2010) examinaram o tempo gasto no deslocamento casa-trabalho como função de uma série de características individuais, domiciliares e regionais, na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Embora a base de dados utilizada tenha sido a pesquisa Origem-Destino 2001, o que apresenta uma certa desvantagem no tocante ao tamanho da amostra de análise comparativamente às informações censitárias, os autores obtiveram alguns resultados condizentes com a literatura sobre deslocamento pendular. Assim, os principais resultados encontrados foram: há um diferencial entre os deslocamentos pendulares dos homens e das mulheres, ou seja, as mulheres costumam trabalhar mais próximas de suas residências; entre os indivíduos que utilizam meios de transporte motorizados, o adicional no tempo de deslocamento pendular é significativamente maior para aqueles usuários de transporte público; também as diferenças domiciliares foram importantes para explicar a mobilidade pendular.

Betarelli Junior (2015), por meio de um modelo *logit* ordenado generalizado (MLOG) e dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) de 2007, examina os efeitos das características individuais, familiares e de contexto geográfico sobre o “tempo médio ordenado gasto no percurso domicílio-trabalho” (*proxy* do custo de acessibilidade). Dentre os principais resultados, o autor observa que quando os indivíduos recebem auxí-

lio-transporte, a probabilidade de se gastar até 30 minutos no trajeto domicílio-trabalho é aumentada.

Ramalho e Brito (2016), por meio de um modelo econométrico baseado em cópulas que incorpora autosseleção de trabalhadores entre migrantes e não migrantes, examinam a relação entre mobilidade pendular e migrações na Região Metropolitana do Recife. Em resumo, há evidências de que um trabalhador com histórico recente de migração tem, em média, 47,6 p.p. a mais de probabilidade de efetuar a mobilidade pendular, comparativamente a um não migrante, em tal localidade.

Em síntese, pode-se dizer que a discussão a respeito do deslocamento pendular do ponto de vista demográfico, comumente realizada no Brasil, concentra-se na descrição dos fluxos e de características econômicas e sociais dos indivíduos que o realizam. Portanto, há uma carência na literatura de estudos que se proponham a examinar a importância de fatores regionais de repulsão e de atração marcantes (distâncias, desigualdades regionais, oferta de bens públicos, etc.) na determinação dos fluxos pendulares intermunicipais, especialmente na RMR. A despeito dos estudos de Ântico (2005), Aranha (2005), Moura, Branco e Firkowski (2005) – que examinam tais fluxos em outras regiões metropolitanas –, este artigo avança na análise agregada dos movimentos pendulares, enfocando em uma região metropolitana pouco explorada e uma abordagem empírica distinta das usuais.

3 MOBILIDADE PENDULAR NA RMR: FATOS OBSERVADOS

Apesar de os deslocamentos pendulares serem resultado de decisões individuais tomadas no âmbito pessoal/familiar, eles não representam um mero conjunto aleatório de viagens individuais. Ao contrário, podem estar atrelados a certos padrões específicos da dinâmica urbana, em que municípios centrais apresentam fluxos maiores comparativamente a outros de menor importância relativa. Nesse contexto, as evidências da literatura especializada sugerem que os movimentos pendulares afetam a vida de uma proporção relativamente elevada da população (ÂNTICO, 2005; JARDIM, 2001; MOURA; BRANCO; FIRKOWSKI, 2005; MOURA; DELGADO; COSTA, 2013; PEREIRA; HERRERO, 2009).

Os dados do Censo Demográfico de 2010 permitem analisar as taxas de mobilidade pendular nas principais regiões metropolitanas brasileiras. Ao se considerar o grupo de indivíduos que trabalham e/ou estudam em um município diferente daquele de residência, nota-se uma elevada participação da população pendular. Destacam-se as regiões metropolitanas do Recife, Porto Alegre e Belo Horizonte, com, respectivamente, 18,3%, 17,7% e 15,9% da população trabalhando ou estudando em município distinto daquele de residência, conforme dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – População por local de trabalho ou estudo e participação da população pendular nas 12 regiões metropolitanas mais importantes do Brasil – 2010

Região Metropolitana de Residência	Local de trabalho ou estudo			(d) População residente	(e) = (b)/(c) Participação de <i>commuters</i> intermunicipais %
	(a) No município de residência (<i>commuters</i> intramunicipais)	(b) Em outro município ou país (<i>commuters</i> intermunicipais)	(c) = (a) + (b) Total <i>commuters</i>		
Manaus	1.457.278	20.122	1.477.400	2.106.322	1,4
Belém	1.302.830	149.275	1.452.105	2.101.883	10,3
Fortaleza	2.347.733	175.248	2.522.981	3.615.767	6,9
Recife	1.973.810	442.841	2.416.654	3.690.547	18,3
Salvador	2.336.825	167.890	2.504.715	3.573.973	6,7
Belo Horizonte	3.271.365	618.563	3.889.928	5.414.701	15,9
Rio de Janeiro	6.923.886	1.107.725	8.031.611	11.835.708	13,8
São Paulo	12.152.823	1.871.685	14.024.508	19.683.975	13,3
Campinas	1.686.207	314.203	2.000.410	2.797.137	15,7

Região Metropolitana de Residência	Local de trabalho ou estudo				
	(a)	(b)	(c) = (a) + (b)	(d)	(e) = (b)/(c)
	No município de residência (<i>commuters</i> intramunicipais)	Em outro município ou país (<i>commuters</i> intermunicipais)	Total <i>commuters</i>	População residente	Participação de <i>commuters</i> intermunicipais %
Curitiba	1.993.318	354.410	2.347.728	3.174.201	15,1
Porto Alegre	2.286.142	490.284	2.776.426	3.958.985	17,7
Goiânia	1.375.306	224.891	1.600.197	2.173.141	14,1

Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados do Censo Demográfico de 2010.

Notas:

- i. Para classificação dentro do grupo das regiões metropolitanas mais importantes, utilizou-se o critério de tamanho populacional, bem como ano de criação da região metropolitana.
- ii. A área metropolitana de Brasília não é considerada nesta análise por não constituir uma região metropolitana, propriamente dita. A Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) foi criada pela Lei Complementar Federal n. 94 de 1998 e trata-se de uma região metropolitana específica interestadual.
- iii. Os dados na tabela acima são os mais gerais possíveis, isto é, consideram saídas para trabalho e ou estudo para fora do espaço geográfico de cada região metropolitana.

Os dados em destaque também ressaltam a importância da RMR no tocante à movimentação pendular. Comparativamente às outras duas regiões metropolitanas do Nordeste, diga-se Fortaleza e Salvador, a RMR apresenta uma participação pendular superior ao dobro de cada uma delas.

O Censo Demográfico 2010 registrou um total de 442.841 indivíduos residentes da RMR com o local de trabalho ou estudo diferente do município de residência – o que representava 18,3% do total de trabalhadores/estudantes. Desse montante de 442.841 indivíduos pendulares, 424.203 indivíduos realizaram movimentos pendulares intermunicipais exclusivamente dentro da RMR. Contudo, excluindo dessa amostra os 7.605 pendulares que afirmaram trabalhar em um município distinto daquele de estudo, tem-se a amostra final de 416.598 pendulares intermunicipais residentes da RMR, 24,7% do total de trabalhadores/estudantes (Tabela 2). Em outras palavras, a par-

tir deste ponto, são excluídos da amostra aqueles *commuters* intermunicipais, que afirmam trabalhar em um município distinto daquele município em que estuda, tal procedimento visa evitar dupla contagem destes.

Dentre os municípios que compõem a RMR, apenas Jaboatão dos Guararapes apresentou volume de população pendular acima de 100 mil habitantes. Em Olinda e Paulista há contingentes pendulares entre 50 e 100 mil habitantes. Além disso, destacam-se os municípios de Abreu e Lima e Camaragibe que, apesar de apresentarem fluxos pendulares inferiores ao montante de 50 mil habitantes, possuem uma participação da população pendular bastante elevada, respectivamente, 40,7% e 41,1%. Adicionalmente, é possível perceber que a proporção da população pendular é expressivamente distinta no conjunto de municípios que compõem a RMR, variando entre 5,5%, em Ipojuca, e 43,1%, em Paulista.

Tabela 2 – Distribuição da população por local de trabalho ou estudo e participação da população pendular (*commuters* intermunicipais) por município de residência – RMR, 2010

Município de Residência	Local de trabalho ou estudo				
	(a)	(b)	(c) = (a) + (b)	(d)	(e) = (b)/(c)
	No município de residência (<i>commuters</i> intramunicipais)	Em outro município da RMR (<i>commuters</i> intermunicipais)	Total <i>commuters</i>	População residente	Participação de <i>commuters</i> intermunicipais %
Abreu e Lima	27.557	18.930	46.487	47.308	40,7
Araçoiaba	6.277	1.991	8.268	8.327	24,1
Cabo de Santo Agostinho	61.597	17.282	78.879	79.386	21,9

Município de Residência	Local de trabalho ou estudo				
	(a)	(b)	(c) = (a) + (b)	(d)	(e) = (b)/(c)
	No município de residência (<i>commuters</i> intramunicipais)	Em outro município da RMR (<i>commuters</i> intermunicipais)	Total <i>commuters</i>	População residente	Participação de <i>commuters</i> intermunicipais %
Camaragibe	43.004	30.041	73.045	73.661	41,1
Igarassu	35.863	12.356	48.219	48.529	25,6
Ipojuca	30.287	1.772	32.059	32.190	5,5
Ilha de Itamaracá	7.046	1.899	8.945	9.000	21,2
Itapissuma	8.396	3.350	11.746	11.827	28,5
Jaboatão dos Guararapes	209.407	113.960	323.367	325.893	35,2
Moreno	18.553	7.030	25.583	25.745	27,5
Olinda	114.822	78.291	193.113	194.307	40,5
Paulista	88.209	66.937	155.146	157.306	43,1
Recife	587.756	45.474	633.230	636.389	7,2
São Lourenço da Mata	33.063	17.285	50.348	50.783	34,3
RMR	1.271.837	416.598	1.688.435	1.700.653	24,7

Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados do Censo Demográfico de 2010.

Outro ponto que merece destaque na Tabela 2, são os casos dos municípios de Ipojuca e Recife, com respectivas participações pendular de 5,5% e 7,2%. Isso significa que, apenas 5,5% (7,2%) dos indivíduos residentes de Ipojuca (Recife) trabalham ou estudam em um município diferente do de residência. Esses dados sinalizam para as condições de “municípios receptores” dessas duas localidades.

Uma análise temporal dos fluxos pendulares na RMR pode ser visualizada na Tabela 3, que apresenta o total da população pendular intermunicipal segundo trabalho/estudo e por município de residência nos anos de 2000 e de 2010. Acompanhando a tendência nacional, o volume dos deslocamentos pendulares aumentou entre os anos de 2000 e 2010 em todos os municípios da RMR.

Tabela 3 – Distribuição da população pendular (intermunicipal) segundo motivo de trabalho e/ou estudo e por município de residência – RMR, 2000 e 2010

Município de residência	Volume de deslocamentos pendulares		Percentual de deslocamentos pendulares		Taxa de variação %
	2000	2010	2000	2010	(2000/2010)
Abreu e Lima	12.511	18.930	4,5	4,5	51,3
Araçoiaba	1.110	1.991	0,4	0,5	79,4
Cabo de Santo Agostinho	10.454	17.282	3,7	4,1	65,3
Camaragibe	20.420	30.041	7,3	7,2	47,1
Igarassu	5.555	12.356	2,0	3,0	122,4
Ipojuca	775	1.772	0,3	0,4	128,6
Ilha de Itamaracá	758	1.899	0,3	0,5	150,5
Itapissuma	1.571	3.350	0,6	0,8	113,2
Jaboatão dos Guararapes	79.313	113.960	28,4	27,4	43,7
Moreno	4.017	7.030	1,4	1,7	75,0
Olinda	63.861	78.291	22,8	18,8	22,6
Paulista	49.740	66.937	17,8	16,1	34,6

Município de residência	Volume de deslocamentos pendulares		Percentual de deslocamentos pendulares		Taxa de variação %
	2000	2010	2000	2010	(2000/2010)
Recife	17.807	45.474	6,4	10,9	155,4
São Lourenço da Mata	11.747	17.285	4,2	4,1	47,1
RMR	279.639	416.598	100,0	100,0	49,0

Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados do Censo Demográfico de 2000 e 2010.

Nota-se que, em alguns municípios, a população pendular mais que dobrou ao longo da década, a citar Recife, Igarassu, Ipojuca, Ilha de Itamaracá e Itapissuma. A distribuição percentual desses deslocamentos na RMR também sofreu alterações, sendo o caso com menor variação o do município de Abreu e Lima. Deve ser notado também que Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Paulista são casos específicos, pois são os que já apresentavam, em 2000, os maiores percentuais de indivíduos pendulares – permanecendo ainda em destaque em 2010.

A Tabela 4 refere-se à distribuição da população que realiza o deslocamento pendular intermunicipal, por município de trabalho ou estudo e por município de residência. Na última coluna da tabela são apresentados os saldos brutos dos fluxos pendulares ponderando entradas e saídas. As infor-

mações mais relevantes apresentadas na Tabela 4 são os saldos dos deslocamentos pendulares. Tais saldos refletem a diferença entre os volumes de entradas e de saídas dos indivíduos que trabalham e/ou estudam em um município diferente daquele de residência. De início, já fica claramente visível que, dos 14 municípios que compõem a RMR, apenas dois apresentam saldos positivos nas diferenças entre entradas e saídas pendulares, diga-se Ipojuca e Recife. Tal informação sugere que esses dois municípios atuam como fortes receptores de fluxos pendulares. A justificativa, para existência de uma possível força de atração dos fluxos pendulares em tais localidades, provavelmente está ligada à situação da cidade do Recife de capital pernambucana e principal economia do Estado; e ao fato de Ipojuca abrigar parte do Complexo Industrial de Suape.

Tabela 4 – Distribuição da população pendular por município de trabalho ou estudo e por município de residência (entradas e saídas) – RMR, 2010

Municípios	Entradas		Saídas		(a - b)
	(a)	%	(b)	%	
	Trabalham/estudam no município e residem em outro		Residem no município e trabalham/estudam em outro		Diferença
Abreu e Lima	6.211	1,5	18.930	4,5	-12.719
Araçoiaba	250	0,1	1.991	0,5	-1.741
Cabo de Santo Agostinho	15.267	3,7	17.282	4,1	-2.015
Camaragibe	7.508	1,8	30.041	7,2	-22.533
Igarassu	7.853	1,9	12.356	3	-4.503
Ipojuca	13.560	3,3	1.772	0,4	11.788
Ilha de Itamaracá	1.091	0,3	1.899	0,5	-808
Itapissuma	1.712	0,4	3.350	0,8	-1.638
Jaboatão dos Guararapes	29.982	7,2	113.960	27,4	-83.978
Moreno	1.041	0,2	7.030	1,7	-5.989
Olinda	31.559	7,6	78.291	18,8	-46.732
Paulista	14.957	3,6	66.937	16,1	-51.980

Municípios	Entradas		Saídas		(a - b)
	(a)	%	(b)	%	
	Trabalham/estudam no município e residem em outro		Residem no município e trabalham/estudam em outro		Diferença
Recife	283.247	68	45.474	10,9	237.773
São Lourenço da Mata	2.360	0,6	17.285	4,1	-14.925
RMR	416.598	100,0	416.598	100,0	-

Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados do Censo Demográfico de 2010.

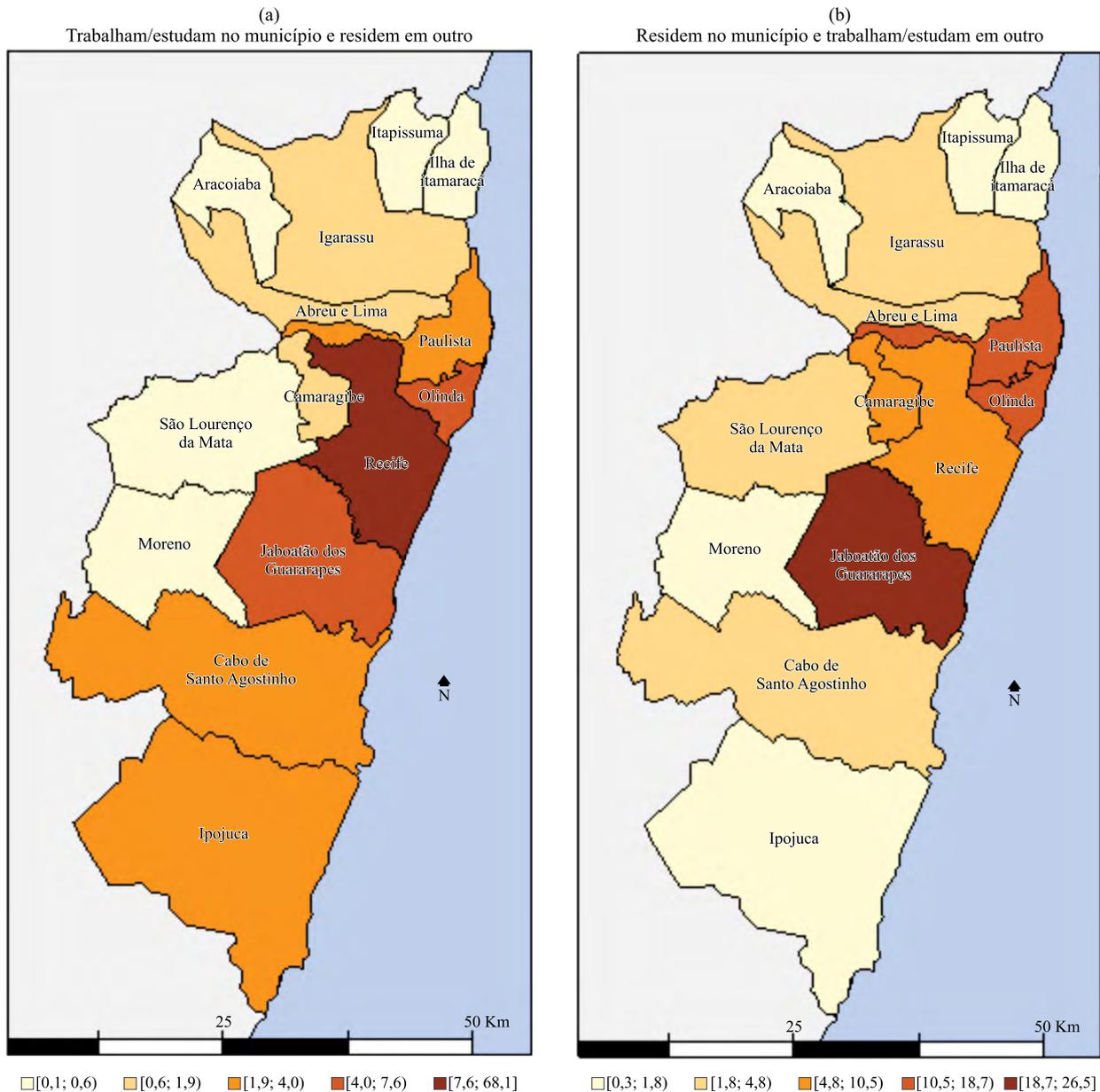
O município de Recife registra o maior acréscimo populacional devido aos deslocamentos pendulares, 283.247 habitantes, o que o caracteriza como o principal receptor da pendularidade metropolitana. Por outro lado, observando o movimento daqueles que residem em Recife e deslocam-se para outros municípios o total é bem menos expressivo. Essas informações permitem afirmar que, Recife, além de concentrar uma grande parcela de empregos, dos negócios e dos serviços, é a principal via de entrada dos deslocamentos pendulares metropolitanos.

Ipojuca é o único município, juntamente com Recife, com saldo de deslocamento pendular positivo na RMR. Os dados evidenciam um aumento de 13.560 indivíduos em seu volume populacional, decorrente da entrada líquida de 11.788 pessoas e da saída de 1.772 para trabalhar ou estudar em outros municípios da metrópole. A Figura 1, a seguir, ilustra exatamente essas observações extraídas da Tabela 4.

A maior parte dos municípios metropolitanos registra perda nas diferenças entre entradas e saídas pendulares. Isso significa que os indivíduos residentes saem mais para trabalhar/estudar em outros municípios em comparação à entrada de indivíduos pendulares nessas localidades. Dentre esses, Jaboatão dos Guararapes é aquele com a maior diferença negativa com um decréscimo significativo de 83.978 indivíduos.

Essas informações referentes a saldos pendulares são extremamente relevantes, pois a partir dessas observações percebe-se as diferentes intensidades da mobilidade populacional no território de análise. O resultado mais evidente é a existência de uma tendência centrípeta na dinâmica da metrópole, no sentido de direcionar a população para os municípios de Recife e Ipojuca, este último em menor escala. Enquanto que, por outro lado, nos demais municípios da RMR ocorre o inverso, ou seja, forças repulsivas se sobrepõem aquelas atrativas.

Figura 1 – Distribuição percentual da população pendular por município de trabalho ou estudo e por município de residência (entradas e saídas) – RMR, 2010 - %



Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados do Censo Demográfico de 2010.

Nota: Distribuição por intervalos segue o critério de minimização de variância intragrupo e maximização de variância intergrupos – algoritmo de Jenks.

4 METODOLOGIA

Nesta seção, faz-se uma explanação dos dados utilizados e dos procedimentos básicos de tratamento dos mesmos. Além disso, discute-se o modelo empírico empregado. Com o objetivo de analisar os condicionantes regionais dos fluxos pendulares na RMR, optou-se pelo uso do modelo gravitacional com efeitos fixos, em que são consideradas variáveis-chaves que capturam forças de atração e de atrito.

4.1 Base de Dados

As principais fontes de dados capazes de captar os deslocamentos pendulares no Brasil são os Censos Demográficos e as Pesquisas de Origem-Destino. Nos Censos Demográficos, fornecidos pelo IBGE, o deslocamento pendular pode ser mensurado através dos movimentos que os indivíduos realizam entre o local de residência e de trabalho/estudo, quando estes se localizam em municípios distintos. Isso é possível uma vez que nos Censos Demográficos de 2000 e de 2010 constam

questionamentos sobre o município de residência e o município que o indivíduo trabalha e/ou estuda. Contudo, a periodicidade e o tempo gasto nesse deslocamento apenas podem ser, em certa medida, observados no Censo de 2010 e exclusivamente para o deslocamento em virtude do trabalho.⁵ As informações fornecidas pelo IBGE não possuem detalhes a respeito do meio de transporte utilizado no deslocamento, a distância deste ou o seu custo monetário. As Pesquisas de Origem-Destino são realizadas para algumas regiões metropolitanas brasileiras (Recife, São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Fortaleza, entre outras) por órgãos municipais ou estaduais relacionados ao planejamento urbano e de transportes.⁶ Neste estudo, foram utilizados os microdados dos Censos Demográficos de 2000 e de 2010, e os municípios da RMR são as unidades de análise. A definição adotada para a identificação do *commuter* considera o deslocamento intermunicipal em razão de trabalho e/ou estudo. Neste sentido, foram considerados pendulares aqueles indivíduos que afirmaram trabalhar e/ou estudar em um município distinto daquele de residência dentro do aglomerado urbano da RMR. Vale ressaltar que são excluídos da amostra aqueles pendulares que afirmaram trabalhar em um município distinto daquele de estudo, para evitar dupla contagem dos dados de fluxos pendulares.

A utilização do conceito de *commuter* intermunicipal em contraponto ao *commuter* intramunicipal, deve-se ao fato de que residir em um município distinto do município de trabalho/estudo pode caracterizar escolhas diferenciadas, o que levanta diversos questionamentos sobre esse grupo, que ainda não foram respondidos pela literatura (JARDIM, 2011).

Outra questão importante a esclarecer é a motivação por se utilizar nesta análise os movimentos pendulares em razão de estudo e trabalho, e não apenas por motivo de trabalho. Como já ressaltado, a literatura brasileira sobre a pendularidade ainda é muito incipiente e o presente trabalho procura contribuir da forma mais geral possível para essa

literatura. Por isso, optou-se por analisar a dinâmica espacial dos movimentos pendulares na sua forma abrangente. Além disso, adiciona-se o fato de que os dados censitários de 2000 não distinguem o movimento pendular por trabalho e por estudo.⁷ Tal abordagem permite o mapeamento dos fluxos de pendularidade entre os municípios da RMR durante a última década. Adicionalmente, foram usados dados do Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios (IDHM), coletados junto ao banco de dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). A utilização do IDHM ocorreu no sentido de tentar captar distintas condições socioeconômicas municipais e testar se estas características representam forças de atração que discriminam os fluxos pendulares.

O conceito de desenvolvimento humano, diferentemente da perspectiva de crescimento econômico, procura englobar diretamente no seu cálculo aspectos dos indivíduos, suas oportunidades e capacidades. Assim, tal conceito é a base do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e do Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH), publicados anualmente pelo PNUD.

O IDHM é uma medida que agrega os indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. É um indicador que pondera a oportunidade de viver uma vida longa, por meio de uma medida da expectativa de vida ao nascer, calculada de maneira indireta a partir dos dados censitários do IBGE (o número médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento, mantidos padrões de mortalidade observados no ano de referência). Adicionalmente, o IDHM leva em consideração o acesso à educação e a um certo padrão de vida que garanta as necessidades básicas, medido pela renda familiar municipal *per capita*. Os dados são extraídos dos Censos Demográficos do IBGE e os três componentes são agrupados por meio de uma média geométrica, resultando no IDHM. O índice varia entre 0 e 1, e quanto mais próximo da unidade, maior o desenvolvimento humano (PNUD, 2018).⁸ Na RMR existem 14 municípios potencialmente capazes de gerar $13 \times 14 = 182$ tipos de fluxos pendulares potenciais por período. Com base nos

5 No Censo de 2010, há uma questão que indaga se o indivíduo retorna do trabalho para casa diariamente e outra relativa ao tempo habitual gasto no deslocamento casa-trabalho.

6 Não se utilizou os dados referentes à Pesquisa de Origem-Destino porque tais informações são demasiadamente superficiais para RMR. Em síntese, os resultados da referida pesquisa para RMR mostra apenas uma matriz de origem-destino por fluxos de viagens, segundo as linhas de ônibus em 2010.

7 No Censo 2000, há apenas uma questão que indaga o código do município que o indivíduo trabalha ou estuda.

8 Para mais detalhes sobre o cálculo do IDHM consultar a seção de "Metodologia", no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, 2018).

microdados dos Censos Demográficos de 2000 e de 2010, obteve-se 364 tipos de fluxos pendulares intermunicipais,⁹ dos quais 306 registraram valores positivos. Isso significa que aproximadamente 16% dos fluxos pendulares foram contabilizados como zero. A existência de fluxos zero é comum e pode estar associada à falta de acesso à informação e ao elevado custo inerente ao deslocamento pendular, dentre outros fatores.

Duas variáveis foram consideradas para a discriminação dos movimentos pendulares intermunicipais: o IDHM e a distância euclidiana entre os centroides dos municípios da RMR. Para evitar um possível viés de endogeneidade (interdependência) nas estimativas, foram considerados dados do IDHM por municípios referentes aos anos de 1991 e 2000 para discriminar fluxos pendulares intermunicipais observados nos anos de 2000 e de 2010, respectivamente. É importante esclarecer que o uso do IDHM de períodos anteriores possibilita a análise de uma *proxy* de distintas condições iniciais socioeconômicas que ponderam basicamente fatores de atração e de repulsão que podem influenciar os fluxos pendulares.¹⁰ Por outro lado, a “distância euclidiana” entre os centroides dos municípios de origem e de destino atua como *proxy* para os custos da movimentação pendular – força de atrito (MOURA; BRANCO; FIRKOWSKI, 2005; SO; ORAZEM; OTTO, 2001). A Tabela 5, abaixo, apresenta uma descrição de cada variável utilizada nas estimativas empíricas.

Tabela 5 – Descrição das variáveis utilizadas na análise empírica

Variáveis	Descrição
Ln (Distância ij)	Logaritmo da distância euclidiana entre o município de residência e aquele que trabalha/estuda - calculada a partir das coordenadas de latitude e de longitude central de cada microrregião. Fonte: IBGE. Censos Demográficos de 2000 e de 2010.

9 Os fluxos pendulares intermunicipais são definidos pelo número de indivíduos que realizaram o movimento pendular do município i para o município $j \forall i \neq j$ nos anos de 2000 e de 2010.

10 Apesar da possibilidade de que o fenômeno da pendularidade talvez esteja interligado individualmente a cada uma das três dimensões, foi utilizado o IDH municipal agregado, devido ao fato de que as outras dimensões do IDH, diga-se renda, saúde e educação, quando analisadas individualmente não discriminaram bem os resultados.

IDHM j

Índice de Desenvolvimento Humano do município de trabalho/estuda, referente ao subíndice do IDH relativo às dimensões longevidade, educação e renda. Fonte: PNUD.

IDHM i

Índice de Desenvolvimento Humano do município de residência, referente ao subíndice do IDH relativo às dimensões longevidade, educação e renda. Fonte: PNUD.

Fonte: elaborada pelos autores com base nos microdados dos Censos Demográficos de 2000 e 2010 e do PNUD.

Notas: O índice na variável distância refere-se à distância entre municípios de origem i e o de destino j . Sendo a interpretação para o IDH municipal análoga, ou seja, o IDH municipal com subscrito i é referente ao município de residência e o subscrito j refere-se ao município de destino.

4.2 Modelo Empírico

A estratégia empírica do presente estudo baseia-se, portanto, na aplicação de um modelo gravitacional. Esse tipo de abordagem é comumente utilizada em estudos acerca de fluxos comerciais (HEAD; MAYER, 2015; SANTOS SILVA; TENREYRO, 2006) e de fluxos migratórios (ANDRIENKO; GURIEV, 2004; ORTEGA; PERI, 2009). Os modelos gravitacionais também são aplicados na análise de mobilidade urbana pendular em grandes centros (RENKOW; HOOVER, 2000).

Como o próprio nome sugere, a equação gravitacional origina-se da Lei da Gravidade Universal de Isaac Newton. Contudo, a introdução de tais modelos na ciência econômica ocorreu através de Isard (1973), que incorporou a abordagem gravitacional no âmbito da economia regional, visando calcular o potencial da mobilidade do fator trabalho entre as distintas regiões que compunham os Estados Unidos. Isard também utilizou das equações gravitacionais para análises de fluxos de comércio (MACHADO, 1996).

Quando a equação gravitacional é tratada no âmbito dos deslocamentos populacionais, tem-se que os fluxos de indivíduos direcionados do município i para o município j , isto é, M_{ij} , são condicionados por F_i e F_j que são, respectivamente, forças repulsivas e forças atrativas dos municípios i e j ; e pela distância entre os centros dos municípios de origem i e de destino j (D_{ij}). A referida distância atua como uma representação da força de atrito entre regiões, uma vez que pondera questões atreladas a custos de transporte e proximidade de amigos e parentes. Assim, obtém-se a seguinte expressão:

$$M_{ij} = G \frac{F_i^\alpha F_j^\beta}{D_{ij}^\lambda} \quad (1)$$

Onde G é uma constante e α , β e λ são parâmetros. Esse modelo básico (Equação 1) pode ser ampliado de modo a considerar a influência de outros fatores presentes, tanto na região de origem, quanto na região de destino do indivíduo que realiza o deslocamento pendular, e que afetam tais movimentos. Aspectos como diferenças de provisão de bens públicos, amenidades naturais e qualidade de vida influenciam decisivamente tais fluxos (ÂNTICO, 2005; JARDIM, 2011; NOWOTNY, 2010). Assim, na medida em que tais aspectos são incorporados ao modelo, G deixa de ser constante e passa a representar as distintas oportunidades e amenidades observadas e não observadas entre os diferentes municípios.

Para se obter a versão linear do modelo gravitacional de fluxos pendulares toma-se o logaritmo natural da Equação (1):

$$\ln(m_{ij}) = \gamma + \theta' X_{it} + \pi' X_{jt} + \mu_{ij} + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

É importante esclarecer que m_{ij} representa a taxa de deslocamento pendular do município $m_{ij} = \frac{M_{ij}}{P_i}$ para o município i (razão entre o fluxo de *commuters* M_{ij} e população residente em i , ou seja, P_i); X_{it} e X_{jt} são vetores de variáveis que representam fatores de atração e repulsão (variantes no tempo) da região de origem e da região de destino, respectivamente; γ é uma constante (intercepto); θ' e π' são vetores de parâmetros; μ_{ij} representa variáveis não observadas (invariantes no tempo) para cada combinação de municípios (origem-destino), e possivelmente correlacionadas com as demais covariadas, e ε_{ijt} o termo de erro aleatório.

A vantagem de se estimar o modelo gravitacional na forma log-linear, tal como na Equação (2), deve-se especialmente ao fato dos coeficientes obtidos serem interpretados em termos de elasticidades. Contudo, deve-se ter bastante cuidado com alguns problemas inerentes aos dados na aplicação de tais modelos. Neste sentido, Santos Silva e Tenreiro (2006) ressaltam a negligência em estudos acadêmicos ao fato de que, sob heterocedasticidade, os parâmetros dos modelos log-linear estimados pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) conduzem a estimativas tendenciosas das reais elasticidades. Os autores expli-

cam a origem de tal problema, bem como propõem um estimador apropriado, usando uma ilustração particular, diga-se o modelo gravitacional na forma multiplicativa pelo método *Poisson* para fluxos de comércio. Porém, essa técnica possivelmente gera estimadores tendenciosos quando se tem muitos fluxos com valor nulo.

Nesse sentido, Head e Mayer (2015) analisaram as estimativas e interpretações dos modelos gravitacionais para o comércio bilateral, focando, especialmente, nas considerações teóricas de tais modelos. Assim, os referidos autores investigam primeiramente a questão de como modelar adequadamente o termo de erro nos modelos gravitacionais, especialmente, considerando o problema da heterocedasticidade. O segundo ponto abordado pelos autores é o questionamento a respeito da resposta apropriada para as estimativas que englobam um grande número de fluxos comerciais de zero, um fenômeno discrepante da ideia de um modelo que prevê fluxos estritamente positivos.¹¹

Pode-se notar que um dos problemas mais tratados na literatura – especialmente a literatura voltada às trocas comerciais – está diretamente relacionado aos potenciais vieses provenientes do tratamento inadequado dos fluxos com valor zero. No geral, os modelos gravitacionais expressam as relações com múltiplas variáveis estritamente positivas, isto é, consideram-se variáveis que não geram valores nulos. Contudo, ao se explorar o deslocamento pendular, naturalmente surgirão fluxos nulos entre municípios. Tem-se, portanto, um problema relacionado aos fluxos zeros. A alta frequência de zeros na estimativa gravitacional exige dois procedimentos para o devido tratamento: primeiramente, faz-se necessário ajustar o modelo, a fim de acomodar os zeros, uma vez que a existência deles é uma característica importante dos dados; e, em segundo lugar, é preciso rever os métodos de estimação para que se possa obter estimativas consistentes na presença de uma variável dependente que assume valores zeros com frequência (HEAD; MAYER, 2015).

Um dos procedimentos mais simples e frequentemente utilizado é a estimação da Equação (2) por MQO após a exclusão dos dados referentes aos fluxos zero. Obviamente, o grande problema desse procedimento é a perda de informações relevantes para explicação da ausência de muitos movimentos pendulares e forte viés de estimativas. Ou-

¹¹ A versão log-linear do modelo gravitacional não suporta variável dependente com valor nulo.

tra estratégia bastante simples e que foi aplicada no presente estudo é somar 1 a todos dos dados de fluxos pendulares antes de tomar o logaritmo (HEAD; MAYER, 2015). Neste sentido, o modelo log-linear (2) é estimado por MQO com a seguinte variável dependente $\ln \frac{M_{ij}+1}{P_i}$.

Eaton e Kortum (2001) propõem um método bem elaborado para o tratamento dos fluxos nulos supondo que há nível mínimo de comércio, α_i – que neste estudo deverá ser entendido como um nível mínimo de movimentação pendular. A ideia básica é a de que se o fluxo pendular “ideal” da região i para a região j , M_{ij}^* , for inferior a α_{ij} observa-se $M_{ij}=0$, mas, caso contrário, observa-se $M_{ij}=M_{ij}^*$. Cada α_{ij} é estimado como o fluxo mínimo de uma dada região i para um conjunto de regiões de destino, sendo tal fluxo mínimo denotado de \underline{M}_{ij} . Para estimar o modelo, todos os zeros observados em M_{ij} são substituídos por \underline{M}_{ij} , tem-se, portanto, a variável dependente $\ln M_{ij}$ a ser estimada por um *Tobit* com variável dependente em intervalos que permitem o uso de um limite inferior especificado de $\ln \underline{M}_{ij}$. O referido método conhecido como *EK Tobit* tem as vantagens de não exigir restrições de exclusão e ser facilmente estimável, por isso foi aplicado no presente estudo (HEAD; MAYER, 2015).

Outro problema recorrente nos modelos gravitacionais é a especificação incorreta, isso ocorre porque a heterogeneidade não observada entre movimentos bilaterais de origem e de destino são correlacionadas com as variáveis do modelo. Diante disso, a estimação do modelo (2) considerando efeitos fixos em uma estrutura de dados em painel é aplicada, visando evitar vieses devidos à omissão de variáveis. Tal procedimento é aplicado dado a existência de uma série de variáveis de difícil mensuração (tais como amenidades, acesso à moradia, infraestrutura, oferta de serviços públicos, entre outras) que possivelmente se correlacionam com outras variáveis observadas, como o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Pressupõe-se que os fatores não observados são constantes ou se alteram lentamente no tempo, devido a questões estruturais, por isso considera-se μ_{ij} como um efeito fixo específico a cada par de municípios. Assim, o estimador de efeitos fixos para o modelo (2) incorpora variáveis binárias por pares de origem-destino.

A seleção do modelo que melhor representa o impacto das variáveis selecionadas sobre os fluxos pendulares na RMR, a partir da distribuição do termo de erro, foi realizada através da aplicação do teste MaMu.¹² De modo que, faz-se a seguinte estimativa, por MQO:

$$\ln \hat{\varepsilon}_{ni}^2 = \text{constante} + \lambda \ln \hat{X}_{ni} \quad (3)$$

Onde $\hat{\varepsilon}_{ni} = X_{ni} - \exp(z'_{ni} \zeta)$ e $\ln \hat{X}_{ni} = z'_{ni} \zeta$. Nesse sentido, a partir de simulações de Monte Carlo, Head e Mayer (2015) mostram que uma estimativa significativa tal que $\lambda \geq 2$ sugere que o termo de erro do modelo gravitacional é distribuído sob log-normalidade, e que nesse caso, a estimativa *EK Tobit* mostra-se preferível. Por outro lado, caso $\lambda < 2$, os autores em destaque sugerem que a realização da estimativa com o método *Poisson* é melhor.

5 RESULTADOS

Nessa seção são discutidos os resultados empíricos obtidos a partir das estimativas do modelo gravitacional (2) para a determinação dos fluxos pendulares entre os municípios da RMR. A Tabela 6, a seguir, apresenta os resultados das estimativas do modelo gravitacional na forma log-linear. Para todas as regressões, a variável dependente é a taxa de deslocamento pendular entre pares de municípios (em logaritmo), considerando um painel de dados balanceado para os anos 2000 e 2010.

As variáveis explicativas e variantes no tempo, diga-se Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), são predeterminadas – seus valores foram determinados antes da ocorrência dos movimentos pendulares –, ou seja, são informações referentes aos anos de 1991 e de 2000. Os indexadores i e j , referem-se, respectivamente, ao município de origem e de destino do fluxo pendular.

Optou-se pela aplicação de três procedimentos distintos na tentativa de tratar a existência de fluxos zero na amostra. Primeiro, foi somado 1 a todos os fluxos pendulares, antes de computar a taxa de deslocamento pendular e aplicar o logaritmo, e então foi usado o método de MQO para estimar os efeitos da distância intermunicipais e de características socioeconômicas iniciais (captadas pelo IDHM) sobre os fluxos pendulares.

¹² Para mais detalhes ver Head e Mayer (2015).

Para confronto de resultados, também foram aplicados os procedimentos de estimação *EK Tobit* e *Poisson*, inclusive com inclusão de variáveis binárias por pares de origem-destino para controles de efeitos fixos.

As colunas (1), (3) e (5) registram os respectivos resultados obtidos a partir dos estimadores MQO, *EK Tobit* e *Poisson*, enquanto as colunas (2), (4) e (6) apresentam os coeficientes calculados com estimadores de efeitos fixos.

Tabela 6 – Regressões para os Modelos Gravitacionais: Variável dependente - taxa de deslocamento pendular (em logaritmo) – RMR, 2000/2010

Estimador: Variável Dependente:	MQO		EK Tobit		Poisson	
	ln (1 + Y _{ij})		ln (Y _{jmin}) para zeros		Y _{ij}	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Log (Distância Euclidiana i-j)	-2,5201*** (0,1464)	-13,1316*** (1,3392)	-2,4514*** (0,1503)	-13,1333*** (0,5489)	-1,8729*** (0,2758)	-13,1504*** (0,3736)
IDHM j	11,6215*** (0,9354)	8,0370 (4,9372)	11,7322*** (0,9702)	8,5452*** (1,7900)	14,6300*** (2,0800)	10,1365*** (1,8881)
IDHM i	5,3899*** (0,9520)	-0,6777 (4,6426)	5,4535*** (0,9310)	-1,8954 (1,6714)	2,1028 (1,8159)	-4,9789*** (1,5011)
Constante	-7,7962*** (0,5380)	-18,5518*** (2,4089)	-7,7292*** (0,5977)	-18,2931*** (0,9911)	-5,1495*** (1,7583)	-17,8331*** (0,7049)
Efeitos fixos	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2	0,5872		0,8928			
Sigma			1,6659 (0,0645)	0,4367 (0,0260)		
Teste MaMu (Lambda)			1,51092*** (0,0000)			
Observações	364		364		364	

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do PNUD e dos Censos Demográficos de 2000 e 2010.

Nota: Desvios-padrão entre parênteses. * Estatisticamente significativo a 10%. ** Estatisticamente significativo a 5%. *** Estatisticamente significativo a 1%.

Como já destacado, as estimativas foram conduzidas para os modelos de MQO, *EK Tobit* e *Poisson*, e a seleção do estimador apropriado depende do processo de geração do termo de erro. Por isso, foi calculada a estatística de teste proposta por Manning e Mullahy (2001) para diagnosticar o termo de erro – teste MaMu. A descoberta de que $\hat{\lambda} = 1,51$ sugere que os resíduos não seguem uma distribuição log-normal, ou seja, que o estimador *Poisson* é o que melhor corresponde aos dados com tratamento dos fluxos zeros no presente estudo. Logo, as colunas (5) e (6) serão o foco da análise que segue.

Os resultados apresentados na Tabela 6 sugerem a existência de correlações entre os fluxos pendulares intermunicipais e características atreladas ao desenvolvimento humano dos municípios da RMR. Os coeficientes estimados são estatisticamente significativos e apresentam sinais que correspondem à expectativa inicial. Os sinais opostos do IDH inicial por origem *i* e por destino *j* sugerem que quanto maior desenvolvimento humano local no município de residência *i* menores são os fluxos pendulares, dando indícios que, possivelmente,

menores serão as chances da realização da pendularidade intermunicipal. Por outro lado, o sinal positivo referente ao IDH do município de destino *j* indica que quanto maior esse índice, maiores fluxos ocorreram em direção à localidade *j*. Assim, índices de desenvolvimento humano mais elevados nos municípios de destino são forças atrativas, com o potencial de elevar os fluxos pendulares de *i* para *j*. Após a correção do viés de omissão de variáveis (heterogeneidade não observada) nas regressões, percebem-se algumas mudanças na magnitude dos coeficientes e no sinal da variável referente ao desenvolvimento humano do município de origem do fluxo. O que reforça a importância de realizar tal controle.

Um resultado relevante é o de que a pendularidade é inversamente proporcional à distância entre o município de destino e o município de origem, ou seja, quanto maior a proximidade entre o município em que o indivíduo reside e o município onde ele trabalha/estuda, maior o fluxo. Pode-se concluir, portanto, que, após o controle da heterogeneidade não observada entre os municípios, a distância se mantém como importante força de

atrito, ou seja, os fluxos pendulares ocorrem, em média, entre regiões mais próximas. Além disso, as diferenças de IDHM parecem registrar que os fluxos pendulares são maiores para aqueles municípios inicialmente mais desenvolvidos.

Na análise exploratória, da seção 3, ficou evidente o elevado contingente de pendulares que se direcionam para trabalhar ou estudar nos municípios de Recife e Ipojuca. Relacionando tais informações com os IDH municipais dessas duas localidades, percebe-se que Recife possui o maior IDH da RMR, e este cresce cerca de 14,6% de 1991 para 2000 e 16,9% de 2000 para 2010 (passando de 0,576 em 1991, para 0,66 em 2000 e 0,772 em 2010). Ipojuca apresentou uma taxa de crescimento de seu IDH de cerca de 37,6% de 1991 para 2000 e 35,4% de 2000 para 2010 (passando de 0,332 em 1991, para 0,457 em 2000 e 0,619 em 2010).

Também na análise exploratória foi constatada a presença de forças repulsivas nos demais municípios da RMR, especialmente, em Jaboatão dos Guararapes, Paulista e Olinda. Ademais, os três municípios apresentam os maiores índices de desenvolvimento humano da região metropolitana, logo após Recife (Jaboatão dos Guararapes, passando de 0,52 em 1991, para 0,625 em 2000 e 0,717 em 2010; Paulista, passando de 0,554 em 1991, para 0,648 em 2000 e 0,732 em 2010; e Olinda, passando de 0,561 em 1991, para 0,648 em 2000 e 0,735 em 2010). Essas informações evidenciam que a proximidade desses três municípios da capital pernambucana é determinante para a existência de um elevado fluxo de saída de mão de obra pendular.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de analisar o padrão da mobilidade urbana na RMR, a caracterização dos movimentos pendulares dos indivíduos que trabalham e/ou estudam em município diferente daquele que residem na RMR durante o ano de 2010 mostrou que há forças centrípetas na RMR. Ou seja, a população é direcionada a trabalhar ou a estudar nos municípios de Recife e Ipojuca. Também parecem haver forças repulsivas nos demais municípios da RMR – especialmente em Jaboatão dos Guararapes, Paulista e Olinda –, que acarretam fluxos pendulares de saída superiores àqueles de entrada no município. Possivelmente, isto ocorre devido à

proximidade desses municípios da capital, e grande receptora de fluxos pendulares, Recife. Nesse sentido, tanto Jaboatão dos Guararapes, como Paulista e Olinda fazem fronteira direta com Recife.

Em relação à análise dos aspectos importantes que afetam os fluxos pendulares na RMR, percebeu-se que a distância entre os municípios de residência e de trabalho/estudo atua como uma força de atrito sobre os fluxos pendulares, condicionando os movimentos pendulares de tal forma que tais fluxos são, em média, maiores entre regiões mais próximas. Também as diferenças do IDHM se mostraram significantes na determinação dos fluxos pendulares, atuando como uma força atrativa para os municípios de destino. Percebeu-se que, quanto maior o IDH no município de origem, menores serão os fluxos pendulares. Portanto, os resultados forneceram alguns indícios de que a oferta adequada de serviços e infraestrutura – diga-se educação, emprego, saúde, entre outros – no local de moradia poderia evitar a “necessidade” de trabalhar em outro município. Os resultados também apontaram que quanto menor as distâncias entre os municípios de origem e de destino, maiores são os fluxos pendulares. Assim, assumindo as distâncias percorridas pelos indivíduos como uma proxy para os custos de deslocamento (tanto no sentido de tempo, como no sentido de custos financeiros), políticas voltadas para melhorar a infraestrutura urbana, especialmente no que tangencia questões atreladas ao transporte público, facilitaria a mobilidade na RMR.

Pode-se dizer, sem nenhum equívoco, que os movimentos pendulares e, especialmente, o processo de crescimento que tais deslocamentos vêm apresentando nas últimas décadas, possuem implicações de extrema relevância para as políticas de planejamento urbano e ambiental. Faz-se necessário que os centros urbanos, na figura dos condutores de política, pensem em estratégias de planejamento de transportes e infraestrutura urbana de modo a criar condições favoráveis para o contingente populacional que se desloca frequentemente para trabalhar ou estudar em municípios diferentes daquele de residência, levando em conta critérios econômicos, ambientais e, também, as próprias consequências sociais desses movimentos populacionais.

Há, em certa medida, uma evidente tendência contemporânea de aumento dos movimentos pen-

dulares. Porém, a sustentabilidade desse processo de crescimento dos movimentos pendulares, bem como as consequências sociais vinculadas a tal processo, são aspectos que pouco se conhece e que, por outro lado, não podem ser ignorados. Um dos principais desafios torna-se, portanto, atingir uma melhor compreensão dos movimentos pendulares, visando otimizar as políticas de transportes e planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, W. **Location and land use**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.
- ANDRIENKO, Y.; GURIEV, S. Determinants of interregional mobility in Russia. **The Economics of Transition**, v. 12, n. 1, p. 1-27, 2004.
- ÂNTICO, C. Deslocamentos pendulares na região metropolitana de São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 110-120, 2005.
- ARANHA, V. Mobilidade pendular na metrópole paulista. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 96-109, 2005.
- AXISA, J. J.; NEWBOLD, K. B.; SCOTT, D. M. Migration, urban growth and commuting distance in Toronto's commuter shed. **Area**, v. 44, n. 3, p. 344-355, 2012.
- BETARELLI JUNIOR, A. A. Custo de acessibilidade entre residência e trabalho: Um enfoque das características individuais, familiares e locais. **Nova Economia**, v. 25, n. 2, p. 369-386, 2015.
- CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Diretrizes para ocupação sustentável para o território estratégico de Suape**. Recife, 2008. Disponível em: <<http://www.condepe-fidem.pe.gov.br/>>. Acesso em: 04 set. 2014.
- EATON, J.; KORTUM, S. Trade in capital goods. **European Economic Review**, v. 45, n. 7, p. 1.195-1.235, 2001.
- GORDON, P.; RICHARDSON, H. W.; JUN, M.-J. The commuting paradox evidence from the top twenty. **Journal of the American Planning Association**, v. 57, n. 4, p. 416-420, 1991.
- HEAD, K.; MAYER, T. Gravity equations: workhorse, toolkit, and cookbook. **Handbook of International Economics**, v. 4, p. 131-195, 2015.
- ISARD, W. **Methods of regional analysis: an introduction to regional science**. Cambridge: MIT Press, 1973.
- JARDIM, A. DE P. **Mobilidade intrametropolitana: o caso do Rio de Janeiro**. 2001. 265 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- JARDIM, A. DE P. A investigação das migrações internas, a partir dos Censos Demográficos brasileiros de 1970 a 2010. In: OLIVEIRA, L. A. P. DE; OLIVEIRA, A. T. R. DE (Eds.). **Reflexões sobre os deslocamentos populacionais no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2011. p. 1-103.
- JARDIM, A. DE P.; ERVATTI, L. **Migração pendular intrametropolitana no Rio de Janeiro: reflexões sobre o seu estudo, a partir dos Censos Demográficos de 1980 e 2000**. Textos para discussão. Rio de Janeiro: IBGE: Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2007.
- LLOYD, C.; SHUTTLEWORTH, I. Analysing commuting using local regression techniques: scale, sensitivity, and geographical patterning. **Environment and Planning A**, v. 37, n. 1, p. 81-103, 2005.
- MACHADO, A. **Modelos gravitacionais: falaciosos ou fundamentados?** Working papers nº 284, p. 1-29, 1996.
- MCLAFFERTY, S. Gender, race, and the determinants of commuting: New York in 1990. **Urban Geography**, v. 18, n. 3, p. 192-212, 1997.
- MILLS, E. S. **Studies in the structure of the urban economy**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1972.
- MIRANDA, R. A. DE; DOMINGUES, E. P. Commuting to work and residential choices in the metropolitan area of Belo Horizonte, Brazil. **Urban Public Economics Review**, v. 12, p. 41-71, 2010.

- MIRANDA, R. A.; DOMINGUES, E. P. **Nova economia urbana e movimento pendular na região metropolitana de Belo Horizonte**. XIII Seminário sobre a Economia Mineira. **Anais...** Diamantina: 2008. Disponível em: http://www.cedeplar.ufmg.br/seminarios/seminario_diamantina/2008/D08A137.pdf. Acesso em: 04 set. 2014.
- MOURA, R.; BRANCO, M. L. G. C.; FIRKOWSKI, O. L. C. DE F. Movimento pendular e perspectivas de pesquisas em aglomerados urbanos. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 121-133, 2005.
- MOURA, R.; DELGADO, P.; COSTA, M. A. Movimento pendular e políticas públicas: algumas possibilidades inspiradas numa tipologia dos municípios brasileiros. In: BOUERI, R.; COSTA, M. A. (Eds.). **Brasil em desenvolvimento 2013: estado, planejamento e políticas públicas**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2013. p. 665-696.
- MUTH, R. F. **Cities and housing**. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
- NOWOTNY, K. Commuting, residence and workplace location attractiveness and local public goods. **WIFO Working Papers**, n. 1, p. 1-33, 2010.
- ORTEGA, F.; PERI, G. The causes and effects of international labor mobility: evidence from OECD Countries 1980-2005. **Human Development Research Paper (HDRP)**, v. 6, n. 19183, p. 1-46, 2009.
- PAPANIKOLAOU, G. **Spatial and individual influence on commuting behaviour in Germany**. 46th Congress of the European Regional Science Association (ERSA). **Anais...** Volos (Grécia): 2006. Disponível em: <http://www.sre.wu-wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa06/papers/468.pdf>. Acesso em: 04 set. 2014.
- PEREIRA, R. H. M.; HERRERO, V. **Mobilidade Pendular: uma proposta teórico-metodológica**. Texto para Discussão nº 1.395, Ipea, p. 1-26, 2009.
- PNUD/ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- RAMALHO, H. M. B.; BRITO, D. J. M. Migração intrametropolitana e mobilidade pendular: evidências para a região metropolitana do Recife. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 46, n. 4, p. 823-877, dez. 2016.
- RENKOW, M.; HOOVER, D. Commuting, migration, and rural-urban population dynamics. **Journal of Regional Science**, v. 40, n. 2, p. 261-287, 2000.
- SANDOW, E.; WESTIN, K. The persevering commuter – Duration of long-distance commuting. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 44, n. 6, p. 433-445, 2010.
- SANTOS SILVA, J. M. C.; TENREYRO, S. The log of gravity. **Review of Economics and Statistics**, v. 88, n. 4, p. 641-658, 1 nov. 2006.
- SO, K. S.; ORAZEM, P.; OTTO, D. M. The effects of housing prices, wages, and commuting time on joint residential and job location choices. **American J. of Agricultural Economics**, v. 83, n. 4, p. 1.036-1.048, 2001.
- VAN OMMEREN, J.; RIETVELD, P.; NIJKAMP, P. Commuting: in search of jobs and residences. **Journal of Urban Economics**, v. 42, n. 3, p. 402-421, 1997.
- VON THÜNEN, J. H. *Der isolierte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationalökonomie*. Hamburg: Perthes, 1826. Translation: **The isolated state**. Oxford: Pergammon Press, 1966.

