

Abordagem Hierárquico-Espacial da Mobilidade Pendular para Trabalho: Evidências para o Estado do Ceará

Maria Adreciana Silva de Aguiar¹  | João Mário Santos de França² 

¹ Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará (Caen/UFC). E-mail: adreciane@gmail.com

² Professor do curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Ceará (Caen/UFC). E-mail: joao.franca@ufc.br

RESUMO

Este artigo avalia os determinantes individuais e regionais do deslocamento pendular por motivo de trabalho nos municípios do estado do Ceará. No que tange aos aspectos metodológicos, empregou-se o modelo logit hierárquico espacial. Os dados utilizados são provenientes do Censo 2010, do IBGE, da FIRJAN, do DENATRAN, do DATASUS e do IPEADATA. Os resultados a nível individual indicam que os trabalhadores que têm maiores chances de realização do deslocamento pendular são: do sexo masculino; brancos; mais velhos; com maior nível educacional; e que residem em área urbana. A nível municipal, as evidências mostram que quanto maior nível de emprego e renda do setor formal e o coeficiente de Gini dos municípios menores são as chances de deslocamento diário para trabalho. A probabilidade de pendular aumenta com o maior acesso ao transporte público, além de maior nível de emprego e renda no setor formal e maior grau de urbanização nos municípios vizinhos.

PALAVRAS-CHAVE

Mercado de Trabalho, Mobilidade Pendular, Logit Hierárquico Espacial

Hierarchical-Spatial Approach to Pendulum Mobility for Work: Evidence for the State of Ceará

ABSTRACT

This paper assesses the individual and regional determinants of commuting due to work in the municipalities of the state of Ceará. With regard to methodological aspects, the hierarchical spatial logit model was used. The data used come from the 2010 Census, by IBGE, FIRJAN, DENATRAN, DATASUS and IPEADATA. The results at the individual level indicate that the workers who have greater chances of commuting are: male; whites; Older; with a higher educational level; and who reside in an urban area. At the municipal level, evidence shows that the higher the level of employment and income in the formal sector and the Gini coefficient of the municipalities, the lower the chances of daily commuting to work. The probability of commuting increases with greater access to public transport, in addition to a higher level of employment and income in the formal sector and a greater degree of urbanization in neighboring municipalities.

KEYWORDS

Labor Market, Pendular Mobility, Spatial Hierarchical Logit

CLASSIFICAÇÃO JEL

J15, R12, R23

1. Introdução

O movimento pendular ou *commuting* refere-se aos deslocamentos diários entre residência e trabalho, estudo ou lazer. Esse tipo de movimento difere-se da definição de migração que se entende como uma mudança permanente ou semipermanente de residência. A pendularidade desempenha grande importância na dinâmica migratória como sugerido por Ojima e Marandola Jr (2012), podendo evitar os movimentos permanentes de residência.

A decisão individual de realizar o deslocamento pendular pode ser determinada pelas características observáveis (carreira profissional, nível de educação, estrutura familiar, entre outros) e não observáveis dos trabalhadores (predisposição ao risco, motivação, habilidade inata, empreendedorismo), sendo também influenciada pelo processo de crescimento das cidades, marcado pela concentração das atividades econômicas.

Os indivíduos com maiores níveis de educação são os que mais precisam se deslocar, já que os empregos que exigem maior qualificação são mais dispersos espacialmente do que os que não exigem. Supondo que um maior nível de educação aumente o retorno salarial, o custo de deslocamento se torna menor para os que possuem ensino superior (Börsch-Supan, 1990).

Além disso, essa decisão envolve um amplo conjunto de fatores relacionados às características do município de residência como maior acessibilidade, lazer, tamanho e qualidade dos imóveis, segurança, presença de escola, hospitais, menor nível de poluição, maior frota e qualidade dos transportes públicos (Miranda e Domingues, 2010). Portanto, através desse tipo de deslocamento, surge a necessidade de políticas públicas para melhoria da mobilidade urbana, infraestrutura e habitação das regiões mais vinculadas a esse tipo de fluxo.

Em regiões com elevada oferta de empregos, os fluxos de deslocamento pendulares intermunicipais por motivo de trabalho são baixos. Onde existe muita oportunidade de emprego, os trabalhadores optam por trabalhar e residir na mesma localidade (Axisa et al., 2012). As expansões das aglomerações urbanas, principalmente nas regiões metropolitanas, além da ampliação dos meios de transporte, contribuem para a difusão do movimento pendular pelo Brasil. Esse fenômeno constitui um bom indicador do grau de integração e complementariedade das atividades de determinada região (Ojima e Marandola Jr, 2012). Dados do Censo de 2010 mostram que 13,5% da população ocupada trabalhava em um município diferente do de residência.

A emigração do Nordeste diminuiu e a região apresentou maior heterogeneidade de contextos migratórios. Os movimentos de longa distância diminuíram e outros tipos de mobilidade começam a demonstrar maior peso (Fusco e Ojima, 2015). Nessa região, segundo Oliveira e Givisiez (2017), as cidades médias que mais exerceram atração de trabalhadores pendulares em 2010 foram Caruaru (PE), Sobral (CE), Petrolina (PE)

e Juazeiro (BA). O estado do Ceará apresentou novo padrão migratório advindo das políticas de estímulo produtivo, demonstrando, a partir dos anos 2000, os primeiros saldos migratórios positivos. A industrialização e a urbanização aumentaram tanto a atratividade como a permanência no estado.

Estudos que enfatizam o movimento pendular no estado do Ceará foram realizados para a Região Metropolitana de Fortaleza (Sidrim e Fusco, 2019; Sales Silva, 2020) e Região Metropolitana do Cariri (Silva et al., 2021), porém os determinantes desse deslocamento no estado ainda não foram investigados.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo investigar os determinantes individuais e regionais do deslocamento pendular por motivo de trabalho nos municípios do estado do Ceará. Pois, como visto anteriormente, diversos fatores, sejam eles individuais, regionais ou contextuais, estão associados à decisão de mobilidade do trabalhador. Ademais, pretende-se analisar o perfil desses trabalhadores pendulares.

No que tange aos aspectos metodológicos, empregou-se o modelo logit multinível com dois níveis hierárquicos, individual e municipal. Adicionalmente, aplicou-se o modelo logit hierárquico espacial para correção do problema de autocorrelação espacial. Para o nível individual, utilizou-se como base de dados o Censo Demográfico de 2010 e, para os municípios do estado do Ceará, os dados foram oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) e do IPEADATA.

O presente trabalho está organizado em quatro seções, além desta introdução. A próxima refere-se à revisão de literatura; a terceira apresenta a metodologia e descreve a base de dados e as variáveis; a quarta discute os resultados e, por fim, na quinta, tem-se as considerações finais.

2. Revisão da Literatura

Os deslocamentos diários ocorrem em diferentes direções e por variados motivos (trabalho, estudo, saúde, lazer, consumo, negócios) e refletem as desigualdades sociais e espaciais das cidades. A separação entre o local de trabalho e o de residência teve início a partir da transição da sociedade agrícola para a industrial. Devido à Revolução Industrial (na Alemanha entre 1850 e 1873), houve grande concentração da força de trabalho nas fábricas e, com isso, o número de deslocamentos diários cresceu. Com o aumento da concentração de postos de trabalho na cidade, e conseqüentemente a sua expansão, as distâncias entre os locais de residência e de trabalho passaram a ser cada vez maiores (Papanikolaou, 2006).

Com isso, Papanikolaou (2006) analisou o comportamento do deslocamento pendular na Alemanha em 2003, verificando as diferenças espaciais e as influências in-

individuais. As evidências mostraram que as seguintes características aumentam as chances de deslocamento: ter maior o nível educacional, ter mais experiência profissional e trabalhar em período integral. As regiões com taxas mais altas de deslocamento estão em torno dos centros de aglomeração, como Hamburgo, Frankfurt, Berlim e Munique.

Com estudo para a Suécia, Eliasson et al. (2003) observaram as influências do mercado de trabalho, como as características individuais dos trabalhadores e oportunidades de emprego sobre o deslocamento pendular. Os achados mostraram que a probabilidade de mobilidade inter-regional é menor quando há oportunidades de trabalho em regiões vizinhas. Além disso, pessoas com maior nível educacional e solteiras aumentam as chances tanto de deslocamento pendular como de migração.

Para o Canadá, Partridge et al. (2010) avaliaram o deslocamento pendular rural-urbano do país. Encontraram que muitos trabalhadores se mudam ou permanecem nas áreas rurais devido ao estilo e à qualidade de vida, mantendo seus empregos em áreas urbanas. E o acesso a essas áreas que dispõem de empregos afeta positivamente as taxas de deslocamento, provocadas pela limitação de empregos nas áreas rurais.

Martín-Barroso et al. (2022) identificaram as características dos trabalhadores pendulares na Espanha nos anos de 2001 e 2011. Através de um modelo probit ordenado, encontraram que a duração dos deslocamentos foi maior para os indivíduos do sexo masculino, solteiros, com maior nível de educação, que moram de aluguel, usam transporte público e trabalham em grandes empresas. Além disso, os deslocamentos são maiores quando o município de residência possui elevada taxa de desemprego.

Na literatura nacional, Pereira e Herrero (2009) tipificam os deslocamentos pendulares permitindo a compreensão das dinâmicas regionais e a integração urbana em: concentração urbana, saturação urbana e desconcentração produtiva. A concentração urbana ocorreu devido ao processo de concentração produtiva e especulação imobiliária, sendo caracterizada por áreas residenciais, marcada pela periferação urbana e pela centralidade dos núcleos urbanos. A dinâmica de especulação imobiliária e periferação gerou as chamadas “cidades-dormitório”. Essas regiões possuem infraestrutura urbana precária, loteamento mais barato, trabalhadores poucos qualificados e forte centralidade do núcleo urbano via infraestrutura social e urbana com oportunidades de trabalho. O perfil dos pendulares nesse caso é marcado pela maior participação de pessoas pertencentes à base da pirâmide social.

Por outro lado, existem os municípios onde residem famílias com nível socioeconômico mais elevado que se deslocam para outro município para trabalhar ou estudar devido às adversidades dos centros urbanos (poluição, violência, congestionamento). Esse tipo de deslocamento pendular está vinculado ao processo de saturação urbana, em que os pendulares residem em áreas não centrais atraídos pela expansão da oferta imobiliária de alto padrão (Lobo, 2016).

Derivada desse tipo de processo está a desconcentração produtiva, quando as em-

presas se localizam em locais menos centrais devido a algumas vantagens logísticas, incentivos fiscais, restrições pela legislação ambiental etc. Sendo assim, os trabalhadores de qualificação mais alta geralmente serão dos municípios mais centrais, surgindo os fluxos de deslocamento dos que residem nos centros metropolitanos e trabalham nas empresas dessas regiões. Diferentemente dos dois outros processos que têm origem no entorno e destino nos centros, este último parte do centro para as cidades do entorno (Pereira e Herrero, 2009).

Existem várias lacunas (diferenças salariais, setores de ocupação, evolução ao longo dos anos etc) atreladas no conhecimento sobre o movimento pendular nas regiões brasileiras. Alguns estudos, tais como Paula Santos e Lelis (2018); Brito e Amaral e Silva (2021); Sales Silva (2020) e Ramalho e Brito (2016), analisaram os determinantes do deslocamento pendular no Brasil.

Paula Santos e Lelis (2018) verificam as características individuais que se relacionam à probabilidade de deslocamento pendular e de obter salários diferentes. Foi utilizado o método de Heckman (1979) com os dados do Censo 2010. Os achados mostraram que o grupo de pessoas mais propensas a realizarem o deslocamento pendular e que auferem maiores salários são homens, casados, com maior nível educacional, pertencentes a família com poucos indivíduos, que residem em área urbana, ocupados no setor público, moradores de regiões metropolitanas e que já realizaram alguma migração entre os anos de 2005 e 2010.

Brito e Amaral e Silva (2021) identificaram as características municipais determinantes da atração de mão de obra pendular em 2010. Para isso, utilizaram modelos econométricos espaciais fazendo uso de vários bancos de dados para os municípios brasileiros. Os resultados mostraram que as variáveis de mercado de trabalho influenciam na taxa de entrada na pendularidade e quanto maior a distância do município analisado em relação à capital, menores são os deslocamentos para esse município.

Sales Silva (2020) analisou os determinantes individuais da migração pendular na Região Sudeste. Para tanto, utilizou os dados do Censo de 2010 empregando como abordagem empírica o modelo logit. Os achados apontaram que ser homem, mais velho, residir em área urbana, receber renda de programas assistenciais, ter maior renda e residir no Espírito Santo ou Rio de Janeiro aumentam as chances de ser migrante pendular. Já ser branco, ter mais filhos, ter menor escolaridade, residir com mais pessoas no domicílio e morar em Minas Gerais diminuem a probabilidade de realizar o movimento pendular.

Ainda para a Região Metropolitana de Recife (RMR), Ramalho e Brito (2016) investigaram se o histórico de migração tem influência sobre a mobilidade pendular. Estimaram um modelo econométrico baseado em cópulas a partir dos dados do Censo 2010. Os achados empíricos mostraram que o trabalhador com histórico de migração na RMR tem, em média, 47,6 p.p. a mais na chance de mobilidade pendular. Em outro artigo (Brito e Ramalho, 2019), ainda para a RMR, esses autores utilizaram um

modelo gravitacional para analisar as forças de atração e repulsão dos fluxos pendulares. E, como resultado, encontram que a distância entre os municípios atua como força de repulsão e quanto maior o IDH municipal, menores os fluxos pendulares.

Especificamente para o estado do Ceará, tem-se Sidrim e Fusco (2019), que consideraram a inserção ocupacional entre migrantes e não migrantes que realizam o deslocamento pendular na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), e Silva et al. (2021), que compararam e analisaram a mobilidade pendular entre os nove municípios da Região Metropolitana do Cariri (RMC).

Para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Silva (2020) por meio do modelo de regressão logística aplicado aos dados do Censo 2010 analisou as chances de o indivíduo realizar o deslocamento pendular. Os achados mostraram que ser homem, com idade entre 20 a 44 anos, de cor parda, com maior nível de educação e com rendimento acima de três salários mínimos tem maiores chances de pendular entre os municípios da RMF. E esse efeito tende a ser subestimado quando não se considera a autosseleção dos migrantes.

Apesar de alguns estudos nacionais já focarem no deslocamento diário dos trabalhadores, verifica-se que não há estudos que englobam juntamente os determinantes tanto individuais como regionais atrelados à pendularidade. Portanto, este estudo avança com relação à literatura por considerar esses dois aspectos e ao analisar as decisões desse deslocamento no estado do Ceará.

3. Metodologia

3.1 Base de Dados

Neste estudo, utilizou-se para o nível individual o Censo Demográfico de 2010. Já os dados relativos aos 184 municípios do estado do Ceará foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN); do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN); do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) e do IPEADATA.

Através do Censo de 2010, foi possível identificar o indivíduo que retorna do trabalho para casa diariamente. Ao verificar que o local de residência e o de trabalho se localizam em municípios distintos, caracterizou-se o deslocamento pendular intermunicipal. Para avaliar o deslocamento pendular no mercado de trabalho consideraram-se apenas os trabalhadores, sejam eles *commuters* ou não. Para a seleção das variáveis relacionadas às características individuais (contidas no Quadro 1), seguiram-se alguns estudos que utilizaram como base de dados o Censo Demográfico (Paula Santos e Lelis, 2018; Silva, 2019; Colla et al., 2018; Silva, 2020).

Para as características dos municípios cearenses (nível 2), foram utilizadas as variáveis Homicídio, Densidade Populacional e o número de veículos como proxy para

a variável Congestionamento, assim como pode ser visto no estudo de Lameira et al. (2014). A variável Homicídio foi extraída do Sistema de Informação sobre Mortalidade - SIM/DATASUS. Foram selecionadas as seguintes categorias habitualmente classificadas como homicídios: óbitos por agressões (CID-10: X85-Y09), óbitos classificados como intenção indeterminada provocados por arma de fogo e arma branca (CID-10: Y22-Y24 e Y29-Y29) e óbitos classificados como intervenções legais (CID-10: Y35).

Além dessas variáveis, recorreu-se às três áreas de monitoramento (Educação, Saúde e Emprego/Renda) do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM de 2010, elaborado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, seguindo Taveira e Almeida (2014). Os índices variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o grau de desenvolvimento do município. Os dados do Índice Firjan de Educação (IFDM_Educação) são obtidos através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) do Ministério da Educação. O indicador do Índice Firjan de Saúde (IFDM_Saúde) é proveniente do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), DataSus – Ministério da Saúde. E o Índice Firjan de Emprego e Renda (IFDM_Emprego) tem como fonte as bases de dados RAIS e CAGED.

Empregaram-se ainda os coeficientes de Gini para os municípios que variam de 0, quando não há desigualdade (a renda domiciliar *per capita* de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda). Todas as variáveis a nível individual e municipal estão descritas no Quadro 1, abaixo:

Quadro 1. Descrição das Variáveis para os municípios do Ceará em 2010

Variável dependente	Fonte	Descrição
Deslocamento pendular	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para os indivíduos que se deslocam diariamente para trabalhar e 0 caso contrário.
Variáveis explicativas	Fonte	Descrição
Nível 1 - Individual		
Homem	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para Homem e 0 caso contrário.
Branca	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para Branco e 0 caso contrário.
Idade	CENSO 2010	Variável contínua que indica a idade do indivíduo em anos.
Idade2	CENSO 2010	Variável contínua que indica a idade do indivíduo ao quadrado.
<i>Dummies</i> de Educação	CENSO 2010	Variáveis <i>dummies</i> relacionadas ao nível educacional do trabalhador: 1) Sem Instrução = 1 se o indivíduo não tem instrução ou possui o ensino fundamental incompleto; 0 caso contrário*. 2) Fundamental = 1 se o indivíduo possui o ensino fundamental completo ou o ensino médio incompleto; 0 caso contrário. 3) Médio = 1 se o indivíduo possui o ensino médio completo ou o ensino superior incompleto; 0 caso contrário. 4) Superior = 1 se o indivíduo possui o ensino superior completo; 0 caso contrário.
Chefe	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para o indivíduo chefe do domicílio e 0 caso contrário.
Cônjuge	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para o indivíduo que vive em companhia do cônjuge e 0 caso contrário.
Tamanho família	CENSO 2010	Variável contínua que indica o número de componentes da família.
Urbana	CENSO 2010	<i>Dummy</i> que assume valor 1 para o indivíduo que reside em zona urbana e 0 caso contrário.
Rendimento	CENSO 2010	Variável contínua que indica o rendimento do trabalho principal.
Nível 2 - Municipal		
IFDM_Educação	FIRJAN	O Índice Firjan de Educação é formado pela taxa de matrícula na Educação Infantil, taxa de abandono, taxa de distorção idade-série, percentual de docentes com ensino superior, média de horas-aulas diárias e resultados do IDEB.
IFDM_Saúde	FIRJAN	O Índice Firjan de Saúde é composto pelo número de consultas Pré-Natal, taxa de óbitos infantis por causas evitáveis e taxa de óbitos infantis por causas mal definidas.
IFDM_Emprego	FIRJAN	O Índice Firjan de Emprego e Renda é composto pela geração de emprego formal, estoque de emprego formal e salários médios no emprego formal.
Gini	DATASUS	O Índice de gini mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar <i>per capita</i> de cada município.
Coletivo	DENATRA	Número de ônibus e micro-ônibus sobre a população, <i>proxy</i> para transporte público.
Congestionamento	DENATRA	Número de veículos (automotores e motocicletas) sobre a população. <i>Proxy</i> para congestionamento.
Densidade Demográfica	IBGE	Número de pessoas residentes no município por quilômetro quadrado.
Urbanização	IPEADATA	Proporção da população residente em áreas urbanas (IPEADATA) em relação à população total.
Homicídio	DATASUS	Total de ocorrências de homicídios por 100 mil habitantes.

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Todos os dados utilizados são referentes ao ano de 2010.

3.2 Modelo Hierárquico

O modelo multinível também chamado de modelo hierárquico leva em consideração a estrutura do agrupamento dos dados. Neste estudo, foi utilizado o modelo de intercepto aleatório seguindo Riani (2005). Quando se considera apenas o intercepto com efeito aleatório, assume-se que a inclinação é a mesma para todas as unidades de nível 2.

Foi adotado um modelo logit hierárquico, pois a variável dependente é binária, assumindo valores 0 ou 1. O valor predito é convertido em chance de deslocamento pendular (log-odds), apresentado na seguinte equação:

$$\eta_{ij} = \log \left(\frac{\pi_{ij}}{1 - \pi_{ij}} \right) \quad (1)$$

Em que η_{ij} é o logaritmo da chance de sucesso para o indivíduo i , e π_{ij} a probabilidade de deslocamento pendular do indivíduo i .

Para a análise hierárquica, inicia-se estimando o modelo mais simples chamado de modelo nulo ou componente da variância completamente não condicional, sem as variáveis explicativas e com o intercepto aleatório. Esse modelo analisa a variabilidade associada a cada nível permitindo verificar a contribuição dos níveis para a variação total. A partir da estimação do modelo nulo, encontra-se o coeficiente de Correlação IntraClasse (ICC) que é calculado da seguinte maneira:

$$ICC = \frac{\sigma_{u0}^2}{\sigma_{u0}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2} \quad (2)$$

Em que σ_{ε}^2 representa a variância do termo do erro do nível 1¹; σ_{u0}^2 a variância do erro do nível 2. O ICC² fica no intervalo $[0, 1]$ e mede a proporção da variância entre grupo frente a variância total, o que possibilita avaliar se há justificativa para incorporar um segundo nível ao modelo.

Assumindo-se que a variabilidade do nível 2 se dá apenas no intercepto e incluindo um conjunto de variáveis independentes $(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})$, as equações do segundo nível ficam descritas da seguinte forma:

¹A literatura sugere que a variância do erro seja dada por $\sigma_{\varepsilon}^2 = \frac{\pi^2}{3} = 3,29$ (Morenoff, 2003).

²Um valor menor que 0,5 indica que há maior variabilidade dentro dos municípios do que entre os municípios e um valor maior que 0,5 mostra que ocorre maior variabilidade entre os municípios do que dentro deles.

$$\begin{aligned}\beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01}X_{1j} + \gamma_{02}X_{2j} + \dots + \gamma_{0n}X_{nj} + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} \\ &\vdots \\ \beta_{nj} &= \gamma_{n0}\end{aligned}\tag{3}$$

As variáveis referentes ao nível 2 são acrescentadas gradativamente ao modelo, permitindo observar quanto cada variável contribui para a redução da variabilidade não condicional associada ao intercepto do primeiro nível. Portanto, quanto menor o componente da variância, mais elevado o poder explicativo das variáveis a nível municipal.

3.3 Análise Hierárquica - Espacial

A abordagem hierárquica espacial utilizada neste artigo baseia-se nos estudos de Morenoff (2003) e Riani (2005). Para Anselin (1999), a econometria espacial é um subcampo da econometria que trata da interação espacial (autocorrelação espacial) e da estrutura espacial (heterogeneidade espacial).

A autocorrelação espacial sugere que o valor de uma variável de interesse numa certa região tende a estar associado ao valor dessa variável nas regiões vizinhas (Almeida, 2012). Já a heterogeneidade espacial é representada pela falta de estabilidade nas estruturas dos fenômenos espaciais.

Os modelos hierárquicos consideram a heterogeneidade espacial ao incluírem o efeito aleatório associado às unidades do nível agregado. No entanto, não abrangem autocorrelação espacial, pois assumem que os erros do nível agregado são independentes e com variância constante. Os modelos hierárquicos consideram as características dos municípios como sendo independentes das características dos municípios vizinhos.

A introdução da abordagem espacial possibilita verificar a existência de dependência espacial dos dados do segundo nível do modelo multinível. Portanto, o modelo hierárquico-espacial permite analisar a influência das características individuais e do município de residência do trabalhador sobre a sua probabilidade de pendular, além de poder incluir as variáveis contextuais dos municípios vizinhos.

O procedimento hierárquico espacial segue Morenoff (2003) partindo do pressuposto que o processo espacial ocorre através do processo autorregressivo de defasagem espacial (Spatial Autoregressive Model – SAR) da variável dependente, dado por:

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon\tag{4}$$

Em que: ρ é o parâmetro autorregressivo espacial; W é a matriz de pesos espaciais; X é a matriz de variáveis independentes do segundo nível; β é a matriz de coeficientes da regressão; e ε é o vetor do termo de erro aleatório.

A Equação 4 pode ser estimada pelos seguintes métodos: Máxima Verossimilhança, Variáveis Instrumentais (ou Mínimos Quadrados de Dois Estágios) e Método Generalizado dos Momentos - GMM (Anselin, 1999). Porém, esses métodos não estão disponíveis para estimação juntamente com modelos hierárquicos. A solução encontrada por Morenoff (2003) para a abordagem hierárquica espacial propõe inserir a defasagem das variáveis independentes do segundo nível do modelo hierárquico WX . O efeito espacial na Equação 4 pode ser consistente com um mecanismo de externalidades das variáveis X observadas. Portanto, o modelo poderia ser estimado de maneira em que os efeitos espaciais operam através das variáveis independentes de nível municipal:

$$y = X\beta + \rho WX + \varepsilon \quad (5)$$

Esse procedimento de inclusão da defasagem espacial das variáveis independentes contextuais controla os efeitos espaciais apenas das variáveis observadas. Seguindo Riani (2005), para correção da dependência espacial também das variáveis não observadas, deve-se incluir a defasagem dos resíduos do segundo nível do modelo hierárquico.

O modelo de erro espacial (Spatial Error Model – SEM) pressupõe existência de correlação espacial em variáveis que não foram incluídas no modelo. Sua fórmula é dada por:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (6)$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u \quad (7)$$

Em que: $W\varepsilon$ é o componente do erro com efeitos espaciais; λ é o coeficiente autorregressivo; e u é o componente de erro com variância constante e não correlacionada.

Para definir o modelo espacial mais adequado, segue o procedimento sugerido por Florax et al. (2003), que consiste em: inicialmente estimar o modelo clássico por MQO³; testar a hipótese de dependência espacial a partir dos testes de Multiplicador de Lagrange (LM); caso ambos os modelos, defasagem e erro espacial, sejam estatisticamente significantes, verifica-se o Multiplicador de Lagrange Robusto, aquele que apresentar maior significância é o mais adequado.

Em resumo, a estimação do modelo logit hierárquico espacial adotado neste tra-

³A variável dependente é o resíduo do segundo nível do modelo hierárquico não condicional e utilizam-se as variáveis de segundo nível como variáveis independentes nesse processo.

balho inclui os seguintes passos:

i) obter os resíduos do segundo nível do modelo logit hierárquico não condicional, ou seja, com a inclusão apenas das variáveis de nível 1⁴;

ii) realizar os testes econométricos espaciais (teste de Multiplicador de Lagrange – LM, descrito anteriormente) nos resíduos para saber se o efeito espacial opera na forma de defasagem⁵ ou erro espacial;

iii) por fim, estimar o modelo hierárquico espacial acrescentando a defasagem das variáveis independentes e/ou defasagem dos resíduos no segundo nível do modelo hierárquico.

Para analisar a autocorrelação espacial das variáveis independentes do segundo nível do modelo hierárquico e dos resíduos do modelo não condicional, foi utilizado o software GeoDa⁶. Já para estimar o modelo logit hierárquico com defasagem espacial das variáveis independentes e dos resíduos no segundo nível, utilizou-se o programa HLM.

A vantagem de combinar a abordagem hierárquica com a espacial ocorre devido à modelagem hierárquica permitir a análise tanto das variáveis de nível individual como municipal. Já a modelagem espacial leva em conta uma possível autocorrelação espacial das variáveis dependentes e independentes e/ou dos termos de erro do segundo nível do modelo hierárquico. Com isso, têm-se estimativas mais consistentes e eficientes dos parâmetros das regressões (Riani, 2005; Brito et al., 2021).

3.3.1 Análise Exploratória Espacial

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é uma coleção de técnicas que permite descrever e visualizar distribuições espaciais, detectando os padrões de associação espacial (*clusters*) e as localidades atípicas (*outliers*). O primeiro passo do estudo de AEDE é testar a hipótese de aleatoriedade espacial dos dados agregados, através da estatística I de Moran. Se os dados forem distribuídos aleatoriamente, os valores de um atributo em um município não dependem dos valores deste atributo nos municípios vizinhos, caso contrário, existe autocorrelação espacial dos dados a nível global (Almeida, 2012).

A estatística global I de Moran utilizada na AEDE foi proposta por Moran (1948). Na interpretação do I de Moran, seu valor pode variar entre -1 e 1, quanto mais próximo de 1 ou -1 mais forte será a autocorrelação e mais próximo de zero sugere aleatoriedade espacial. Os valores significativos e positivos indicam autocorrelação espacial positiva

⁴O programa HLM gera dois tipos de resíduos quando se estima o modelo logit hierárquico, o Bayesiano e o de MQO, testaram-se ambos.

⁵Para conhecimento da dependência espacial das variáveis agregadas, utiliza-se a Análise Exploratória Espacial descrita na subseção 3.3.1, a seguir.

⁶Elaborado pelo laboratório de Análises Espaciais da Universidade de Illinois e possui distribuição gratuita.

e os valores significativos e negativos indicam autocorrelação espacial negativa.

Para tanto, deve-se construir uma matriz de pesos espaciais (W) que aponta a relação espacial de cada município. Para a escolha da matriz de pesos espaciais, é importante selecionar a matriz W que capture a maior autocorrelação espacial possível.

Para tanto, adotou-se o procedimento sugerido por Baumont (2004), que consiste em: i) estimar o modelo clássico de regressão linear dos resíduos do segundo nível do modelo logit hierárquico não condicional; ii) testar a existência de autocorrelação espacial dos resíduos desse modelo, usando o I de Moran para um conjunto de matrizes W ; iii) selecionar a matriz de pesos espaciais que tenha gerado o mais alto valor do teste I de Moran, e que seja significativo estatisticamente.

Neste trabalho, foram testadas as matrizes de contiguidade do tipo rainha considerando os vizinhos diretos e torre, além das matrizes vizinhanças com até os cinco vizinhos mais próximos (k_1 , k_2 , k_3 , k_4 e k_5). O I de Moran da matriz de peso espacial com dois vizinhos mais próximos (k_2) apresentou o maior valor para ambos os resíduos, MQO e Bayesiano, e mostrou-se estatisticamente significativa a 1% como apresenta a Tabela A.1 no Apêndice.

Como as medidas de autocorrelação espacial global se resumem em um único valor, isso pode encobrir a existência de heterogeneidade espacial. Além disso, a autocorrelação espacial global não permite detectar padrão local de autocorrelação. Para isso utilizam-se as medidas de autocorrelação espacial local (Local Indicators of Spatial Association – LISA): I de Moran Local e Mapa de Cluster LISA.

4. Resultados

4.1 Estatística Descritiva

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das características individuais (nível 1) dos trabalhadores pendulares e não pendulares do estado do Ceará. Foram realizados os testes t -Student para as diferenças de médias e proporções entre esses dois grupos. As médias das variáveis categóricas foram inseridas na tabela como proporções.

A maior parte da amostra é composta por homens, sendo 66,22% os que realizam deslocamento diário para o trabalho e 59,9% os não pendulares. Devido à jornada de trabalho no mercado de trabalho, as tarefas domésticas e os cuidados com os filhos, as mulheres se tornam as menos propensas ao deslocamento diário para trabalho em outro município.

Os indivíduos não brancos são também a maioria da amostra, sendo que a maior proporção se encontra entre os não pendulares. A média de idade para os pendulares fica em torno de 34 anos contra cerca de 36 anos para os não pendulares.

O maior percentual dos pendulares tem o ensino médio completo, sendo 42,89%,

enquanto entre os não pendulares a maior proporção é de trabalhadores que não têm instrução ou que possuem o ensino fundamental incompleto (variável Sem instrução) representados por 44,94%. Na comparação com os que têm ensino superior completo, verifica-se que entre os que realizam o deslocamento diário o percentual é de 10,79%, já entre os que não o fazem o percentual é de apenas 7,95%. Dessa forma, observa-se um maior nível de escolaridade entre os grupos de *commuters*.

Esse achado vai ao encontro do que demonstrou o estudo de Paula Santos e Lelis (2018) realizado para o Brasil através do Censo 2010. Os autores justificam as evidências pela teoria do capital humano, em que os indivíduos com maior nível de educação procuram elevar seu bem-estar e assim escolhem lugares onde suas habilidades são mais valorizadas.

Tabela 1. Estatística descritiva para o deslocamento pendular - Ceará, 2010

Variáveis	Pendular		Não pendular	
	(%)	DP	(%)	DP
Homem	66,22	0,473	59,90	0,490
Branca	32,72	0,469	31,49	0,464
(média) Idade	33,97	11,397	36,21	13,157
Sem instrução	28,21	0,450	44,94	0,497
Fundamental	18,10*	0,385	17,78*	0,382
Médio	42,89	0,495	29,32	0,455
Superior	10,79	0,310	7,95	0,271
Chefe	45,11	0,498	45,93	0,498
Cônjuge	63,87	0,480	62,30	0,485
(média) Tamanho família	3,63	1,478	3,78	1,638
Urbana	85,99	0,347	77,42	0,418
(média) Rendimento	951,58	1783,858	704,28	1560,348

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Censo 2010.

Nota: DP: Desvio Padrão. *Não foi verificada média estatisticamente diferente, as demais variáveis possuem diferença estatisticamente significativa a 1%.

Com relação às variáveis relacionadas à família, tem-se que entre os pendulares 45,11% é chefe do domicílio e 63,87% possui cônjuge. O tamanho médio das famílias foi de aproximadamente 4 pessoas.

Devido à necessidade de transporte para o deslocamento entre os municípios, esses trabalhadores residem em sua maioria em áreas urbanas, onde há maior facilidade de transporte, 86% dos pendulares e 77,42% dos não pendulares.

Percebe-se que o rendimento médio do trabalho principal para aqueles que se deslocam diariamente para trabalhar em outro município do estado do Ceará é maior. Os pendulares recebem mensalmente, em média, R\$ 951,58 e os não pendulares R\$704,28. Assim como destacado por alguns autores (Ojima et al., 2016; Paula Santos e Lelis, 2018), o movimento pendular é composto por indivíduos com maiores níveis de renda, que buscam melhor qualidade de vida.

4.2 Análise Hierárquica da Probabilidade de Deslocamento Pendular

A Tabela 2 apresenta os resultados do modelo logit hierárquico para o deslocamento pendular no Ceará em 2010. A tabela demonstra os componentes fixos e aleatórios e são expostos os seguintes modelos: Modelo Nulo – sem as variáveis explicativas; Modelo 1 - apenas com as variáveis explicativas de nível individual; e Modelo 10 - incluindo os dois níveis, individual e municipal. Para melhor interpretação dos resultados, são apresentadas as razões de chance do modelo 10.

O coeficiente de correlação intraclasse do modelo nulo indica que 19,43% da variação nas chances de deslocamento pendular no estado do Ceará é atribuída às características dos municípios dessa região (nível 2). Para justificar a utilização dessa abordagem hierárquica, o ICC apresentou nível estatístico a 1%, como sugerido por Hope e Shannon (2005).

As variáveis de nível individual contidas no modelo 1 são todas estatisticamente significativas. As variáveis de segundo nível foram incluídas gradativamente no modelo⁷. O cálculo da variância explicada do modelo 10 mostra que a inclusão de todas as variáveis a nível municipal explica conjuntamente 23,72% da variabilidade do intercepto.

Nesse modelo, as variáveis do primeiro nível mostram-se todas estatisticamente significativas. Com relação aos atributos pessoais, verifica-se que os trabalhadores do sexo masculino são mais propensos a se deslocarem, com probabilidade maior de 59,24% com relação às mulheres. Esse achado também foi sugerido por Silva (2020) e Brito e Amaral e Silva (2021).

No que tange a raça, os que se identificam como brancos possuem mais chance de serem *commuters* se comparados com os não brancos, 11,02%. Verifica-se que um ano adicional na idade do indivíduo aumenta a chance de ser pendular em cerca de 2,43%, porém a taxas decrescentes. Logo, os trabalhadores mais velhos se mostram menos propensos ao deslocamento, assim como as evidências encontradas por Sales Silva (2020) para as Regiões Metropolitanas do Sudeste brasileiro.

Referente às variáveis relacionadas ao nível educacional, tem-se que os que possuem ensino fundamental, médio e superior completos possuem probabilidade de pendular de 42,96%, 115,47% e 232,33%, respectivamente, em comparação com aqueles sem instrução ou que possuem ensino fundamental incompleto (categoria base). Percebe-se que quanto mais alto o nível educacional maior a propensão para o deslocamento pendular. Esse achado vai ao encontro do que sugere a literatura, que os mais educados tendem a realizar com maior frequência deslocamentos diários para trabalhar, auferindo assim maiores salários (Santos, 2018).

Nas variáveis relacionadas à família, tem-se que ser Chefe (-6,38%) e quanto maior

⁷Os modelos de 2 a 9, em que foram incluídas as variáveis de nível contextual, podem ser solicitados aos autores.

Tabela 2. Resultados do Modelo Logit Hierárquico para o Deslocamento Pendular – Ceará, 2010

Componente Fixo	Modelo Nulo		Modelo 1		Modelo 10	
	Coefficiente	EP	Coefficiente	EP	Coefficiente	EP
Intercepto	-4,4778***	0,0217	-4,070***	0,0369	-2,0890**	1,1484
Homem			0,489***	0,0070	0,4652***	0,0199
Branca			0,0742***	0,0069	0,1045***	0,0194
Idade			0,0261***	0,0015	0,0240***	0,0043
Idade2			-0,0004***	0,00001	-0,0004***	0,0001
Fundamental			0,3005***	0,0096	0,3574***	0,0270
Médio			0,6724***	0,0079	0,7676***	0,0230
Superior			1,1634***	0,0117	1,2010***	0,0351
Chefe			-0,0603***	0,0071	-0,0659***	0,0201
Cônjuge			0,0663***	0,0071	0,0700***	0,0203
Tamanho da Família			-0,0214***	0,0021	-0,0327***	0,0059
Urbana			-0,0375***	0,0091	0,0662**	0,0272
Rendimento			0,0001***	0,00001	0,0001***	0,00001
IFDM_Educação					0,6845	1,2265
IFDM_Saúde					-0,4462	0,5874
IFDM_Emprego					-0,5681	0,6706
Gini					-5,7025***	1,3839
Coletivo					155,4050***	60,2324
Congestionamento					-1,4302	1,4130
Densidade Demográfica					-0,1258	0,2981
Urbanização					1,3366***	0,4809
Homicídio					0,0026	0,0041
Componente aleatório						
$\sigma_{\eta 0}^2$ (variância)	0,7936***	0,0285	0,8354***	0,0300	0,6372***	0,0719
% da variância explicada					23,725	
Observações						
Nível individual	267.512		267.512		267.512	
Nível municipal	184		184		184	

Fonte: Elaboração própria.

Notas: Níveis de significância: ***1%, **5% e *10%.

o número de pessoas na família (-3,22%) menor a chance de realização do movimento pendular e ter um cônjuge aumenta essa probabilidade em 7,24%.

Além disso, os trabalhadores que residem em áreas urbanas têm maior chance de realizar deslocamentos diários para trabalhar em outro município (6,84%) do que os que residem em áreas rurais, assim como também proposto por Brito e Ramalho (2019). A variável Rendimento revelou-se positiva e significativa apesar de ter um impacto praticamente nulo sobre essa decisão.

As variáveis relacionadas ao nível municipal (nível 2): IFDM_Educação, IFDM_Saúde, IFDM_Emprego, Congestionamento, Densidade Demográfica e Homicídio não se mostraram estatisticamente significativas.

O coeficiente de Gini mostrou-se significativo e apresentou relação negativa com a pendularidade. Isso indica que quanto maior a desigualdade de renda domiciliar *per capita* do município menor é a chance (-99,67%) de os trabalhadores realizarem o deslocamento diário para trabalho. Essa evidência pode estar relacionada com o achado de Pinjari et al. (2011) de que os trabalhadores de baixa renda tendem morar mais perto do local de trabalho. Isso se deve pela falta de mobilidade, pois dependem do transporte público, o que limita a procura por emprego em lugares mais distantes de suas residências (Blumenberg e Ong, 2001).

A variável Coletivo apresentou coeficiente positivo e estatisticamente significativo, revelando que, nos municípios que dispõem de maior acesso ao transporte público, os indivíduos apresentam maiores chances de serem *commuters*. Essa variável, a nível municipal, foi a que mais teve impacto sobre a pendularidade. Além disso, verificou-se que quanto maior o nível de urbanização dos municípios cearenses maior é a probabilidade de os trabalhadores pendularem, 33,66%.

Segundo Branco et al. (2005), os deslocamentos diários têm relação direta com os transportes, indicando que a melhoria no sistema de transportes aumentaria os fluxos pendulares. Quando se tem altos custos de moradia, os trabalhadores preferem residir em locais mais afastados dos empregos, porém com acessibilidade a transportes públicos.

4.3 Análise Hierárquica-Espacial da Probabilidade de Deslocamento Pendular

Para detectar a possível presença de autocorrelação espacial das variáveis explicativas de nível municipal, foi realizada a estatística I de Moran dessas variáveis, assim como também para a variável dependente. Como a variável dependente de deslocamento pendular é dada para os indivíduos e como a análise espacial necessita de dados agregados, essa medida foi transformada em termos de taxas municipais.

Examinou-se a existência de autocorrelação espacial pelo teste I de Moran dos resíduos do modelo não condicional, em seguida, testou-se I de Moran global para a

variável dependente, interpretada a nível agregado (proporção de pendulares). A proporção de trabalhadores pendulares apresentou I de Moran de 0,547 com significância estatística. Isso sugere que a hipótese nula de aleatoriedade espacial foi rejeitada, indicando uma autocorrelação espacial positiva para o indicador de pendularidade.

Percebe-se, através da Figura 1, a existência de concentração de clusters que seguem mais o padrão Alto-Alto ou Baixo-Baixo. Essa evidência mostra que os municípios com maior (menor) proporção de pendulares residentes influenciam os municípios contíguos a terem o mesmo padrão de pendularidade por causa da proximidade espacial. Portanto, a existência de autocorrelação global positiva dada pela estatística I de Moran é confirmada localmente pelo mapa de Clusters.

Destaca-se que a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) demonstra um padrão Alto-Alto, formada pelos municípios de Caucaia, Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga, Guaiúba, Horizonte e Aquiraz. O padrão Baixo-Alto é composto por dois municípios cearenses, Fortaleza e Sobral. Estes municípios se caracterizam por possuírem baixa proporção de pendulares, mas são cercados de municípios onde há grande proporção de trabalhadores pendulares residentes.

De acordo com esse comportamento, Fortaleza é um dos municípios de maior atração dos pendulares para trabalho. Isso pode ser visto através dos achados de Sidrim e Fusco (2019), que mostram que, dos municípios da RMF, a capital recebeu cerca de 65,24% dos trabalhadores pendulares que residiam em outra cidade da RMF, em 2010. As principais cidades de saída de pendulares foram Caucaia e Maracanaú, responsáveis por 35,81% e 17,41%, respectivamente, dos deslocamentos totais diários para trabalho da RMF. A atratividade da capital cearense se deve à maior facilidade de acesso ao município e às maiores oportunidades de emprego.

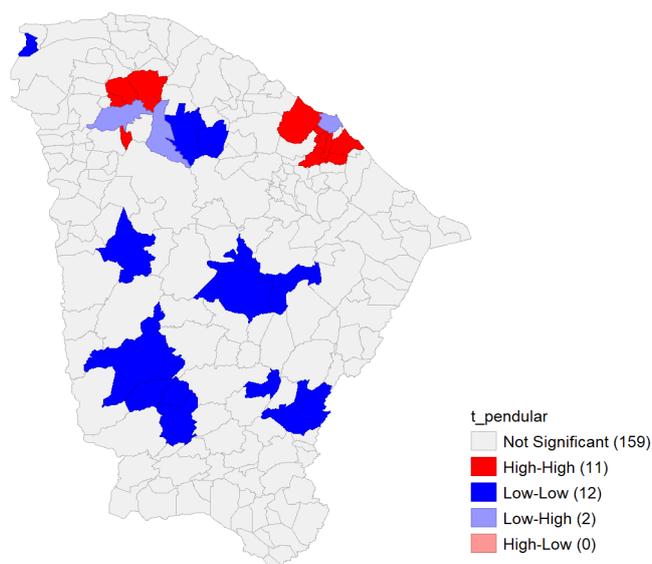
Na Microrregião de Sobral há também um padrão de Baixo-Alto. Sugere-se que o município de Sobral atrai trabalhadores pendulares das cidades vizinhas⁸, sobretudo de Forquilha, Groaíras, Cariré, Miraíma, Santana do Acaraú, Massapê e dos municípios de Meruoca e Alcântaras pertencentes à Microrregião de Meruoca.

A maior parte dos clusters que seguem o padrão Baixo-Baixo encontra-se localizada na Mesorregião dos Sertões Cearenses. Os municípios que apresentam baixo percentual de deslocamento pendular estão cercados por municípios com mesma característica.

Os 159 municípios restantes não apresentaram valores estatisticamente significativos, por não serem influenciados ou por não influenciarem os seus vizinhos quanto ao deslocamento pendular.

A Tabela 3 exibe o valor do I de Moran Global para as variáveis municipais do modelo logit hierárquico. Para o p-valor de 0,001, a hipótese nula de aleatoriedade foi

⁸Atual Região Metropolitana de Sobral (RMS), composta por 18 municípios e constituída mediante Lei Complementar estadual nº 168/2016 de 27 de dezembro de 2016.

Figura 1. Mapa de *Clusters* LISA para o deslocamento pendular no Ceará, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Censo 2010.

rejeitada, então há indicação de autocorrelação espacial positiva e significativa para as variáveis contextuais. Apenas a variável Densidade Demográfica não apresentou significância estatística e, portanto, foi excluída da análise espacial⁹, como se observa na Tabela 4.

Tabela 3. Estatística I de Moran para as variáveis de nível municipal – Ceará, 2010

Variáveis	I de Moran	p-valor
IFDM_Educação	0,201	0,001
IFDM_Saúde	0,298	0,001
IFDM_Emprego	0,293	0,001
Gini	0,261	0,001
Coletivo	0,228	0,001
Congestionamento	0,198	0,001
Densidade Demográfica	0,003	0,206
Urbanização	0,246	0,001
Homicídio	0,324	0,001

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados do modelo logit hierárquico-espacial são apresentados na Tabela 4 para a defasagem dos resíduos bayesianos e MQO e para a defasagem das variáveis independentes. Nota-se que houve uma elevação da variância explicada do intercepto com relação ao modelo 10 (modelo sem controle espacial, Tabela 2). Em geral, os coeficientes para as variáveis de nível individual permaneceram praticamente os mesmos do modelo 10 (modelo sem controle espacial). Portanto, foram analisadas apenas as defasagens espaciais dos resíduos e das variáveis explicativas de segundo nível.

Verifica-se que a inclusão da defasagem espacial dos resíduos tanto bayesiano como MQO foi significativo, sugerindo que há correlação espacial em variáveis que não

⁹Ou seja, não foi incluída a defasagem espacial desta variável no modelo logit hierárquico.

foram incluídas no modelo. Quando se acrescenta a defasagem espacial dos resíduos, controla-se a autocorrelação espacial das variáveis observadas e não observadas. O componente da variância diminuiu, passando o modelo a explicar mais de 40% do intercepto da variância, anteriormente com o modelo 10, sem o componente espacial, explicava 23,7%.

Com a inclusão da defasagem espacial dos resíduos, as variáveis Gini e Coletivo, que eram significativas no modelo sem controle espacial (modelo 10), continuaram significativas, apesar de terem diminuído seu impacto. Além disso, a variável Urbanização deixou de ser estatisticamente significativa e, de forma oposta, a variável IFDM_Emprego passou a ser estatisticamente significativa.

A inclusão das defasagens espaciais das variáveis de nível municipal melhorou a explicação do intercepto. Esse modelo mostrou um componente de variância mais baixo do que o dos modelos de termo de erro espacial¹⁰.

Quando se acrescenta a defasagem das variáveis contextuais, da mesma forma que nos modelos de defasagem dos resíduos, o impacto das variáveis Gini e Coletivo diminuiu. Um maior IFDM_Emprego do município reduz em 79,36% a probabilidade de pendularidade. Isso significa que municípios com maior nível de emprego e renda do emprego formal reduzem as chances de o indivíduo se deslocar diariamente para outro município por motivo de trabalho. Por outro lado, a probabilidade de deslocamento pendular aumenta em 20,58% com um maior nível de emprego formal e salários médios no emprego formal dos municípios vizinhos, $W(\text{IFDM_Emprego})$.

Esse resultado vai de encontro ao estudo de Brito e Ramalho (2019), que encontram um valor negativo para a variável Índice de Desenvolvimento Humano do Município¹¹ indicando que, quanto maior o IDH do município de residência menor a chance da pendularidade intermunicipal. Já para o município de destino, o sinal positivo da variável revelaria que quanto maior o IDH do município, menores seriam os fluxos pendulares. Já que índices mais elevados seriam forças atrativas elevando os fluxos pendulares.

A defasagem espacial do coeficiente de Gini, $W(\text{Gini})$, é significativa e negativa, desse modo, quanto maior esse índice nos municípios vizinhos, menor é a probabilidade de o trabalhador pendular. Observa-se que das variáveis defasadas a $W(\text{Urbanização})$ é a que mais exerce influência sobre o deslocamento pendular, com um coeficiente positivo e significativo. Essa variável indica que residir em um município cercado por municípios com maior grau de urbanização aumenta em 47,22% as chances de pendular. Ribeiro et al. (2018) e Buettner e Ebertz (2009) indicam que a infraestrutura urbana gera atração do fluxo populacional.

¹⁰O modelo de defasagem espacial apresentou maior significância estatística nos testes de Multiplicador de Lagrange (LM) e no Multiplicador de Lagrange Robusto do que o modelo de erro espacial. Portanto, o modelo de defasagem das variáveis de nível municipal é o mais adequado como sugere o procedimento de Florax et al. (2003).

¹¹Este índice municipal se refere à dimensão renda e foi obtido pelos autores através do IPEADATA.

Tabela 4. Resultados do Modelo Logit Hierárquico Espacial para o Deslocamento Pendular – Ceará, 2010

Componente Fixo	Modelos					
	Defasagem do resíduo bayesiano		Defasagem do resíduo MQO		Defasagem das variáveis independentes	
	Coefficiente	EP	Coefficiente	EP	Coefficiente	EP
Variáveis						
Intercepto	-2,4195**	1,0273	-2,3772**	1,0300	-1,7426	1,0659
Homem	0,4652***	0,0199	0,4651***	0,0199	0,4651***	0,0199
Branca	0,1049***	0,0194	0,1049***	0,0194	0,1048***	0,0194
Idade	0,0240***	0,0043	0,0240***	0,0043	0,0240***	0,0043
Idade2	-0,0004***	0,0001	-0,0004***	0,0001	-0,0004***	0,0001
Fundamental	0,3571***	0,0270	0,3571***	0,0270	0,3570***	0,0270
Médio	0,7674***	0,0230	0,7674***	0,0230	0,7671***	0,0230
Superior	1,2007***	0,0351	1,2007***	0,0351	1,2007***	0,0351
Chefe	-0,0660***	0,0203	-0,0660***	0,0203	-0,0658***	0,0203
Cônjuge	0,0700***	0,0203	0,0700***	0,0203	0,0700***	0,0203
Tamanho da Família	-0,0327***	0,0059	-0,0327***	0,0059	-0,0327***	0,0059
Urbana	0,0664**	0,0272	0,0664**	0,0272	0,0666**	0,0272
Rendimento	0,0001***	0,00001	0,0001***	0,00001	0,0001***	0,00001
IFDM_Educação	0,5359	1,0935	0,4880	1,0966	0,4071	1,1238
IFDM_Saúde	-0,5731	0,5247	-0,5784	0,5261	-0,2325	0,5622
IFDM_Emprego	-1,1065*	0,6015	-1,1095*	0,6033	-1,5781**	0,6264
Gini	-3,4374***	1,2767	-3,4855***	1,2793	-5,0137***	1,3231
Coletivo	112,0147**	53,9265	110,2940**	54,1095	108,7276**	55,3535
Congestionamento	-0,9901	1,2609	-0,9531	1,2646	0,2683	1,3749
Densidade	0,1198	0,2673	0,1518	0,2687	-0,2320	0,2647
Demográfica						
Urbanização	0,4261	0,4487	0,4554	0,4491	0,7120	0,4404
Homicídio	0,0046	0,0037	0,0046	0,0037	0,0026	0,0039
W(Resíduo)	0,5455***	0,0781	0,5418***	0,0787	-	-
W(IFDM_Educação)	-	-	-	-	-0,00639	0,0795
W(IFDM_Saúde)	-	-	-	-	0,02539	0,0807
W(IFDM_Emprego)	-	-	-	-	0,1872**	0,0959
W(Gini)	-	-	-	-	-0,1438*	0,0861
W(Coletivo)	-	-	-	-	0,0456	0,0790
W(Congestionamento)	-	-	-	-	-0,1068	0,0852
W(Urbanização)	-	-	-	-	0,3868***	0,0936
W(Homicídio)	-	-	-	-	-0,0228	0,0915
Componente Aleatório						
σ_{u0}^2 (variância)	0,4963***	0,0571	0,4992***	0,0574	0,4762***	0,0550
% da variância explicada	40,591		40,244		42,997	
Observações						
Nível individual	267.512		267.512		267.512	
Nível municipal	184		184		184	

Fonte: Elaboração própria.

Notas: (a) Níveis de significância: ***1%, **5% e *10%; (b) EP: Erro-Padrão; (c) W: Defasagem Espacial.

Esses resultados sugerem que as variáveis supracitadas de nível 2 possuem um efeito direto e indireto sobre a probabilidade de pendular. O efeito direto refere-se ao impacto na probabilidade de pendular causada por mudanças nas variáveis contextuais no município. Já o efeito indireto relaciona-se com as mudanças nas variáveis contextuais nos municípios vizinhos.

As demais variáveis defasadas, W(IFDM_Educação), W(IFDM_Saúde), W(Coletivo), W(Congestionamento) e W(Homicídio), não exerceram influência sobre a probabilidade de pendular.

5. Considerações Finais

O objetivo deste estudo foi investigar os determinantes individuais e municipais que influenciam o deslocamento pendular no estado do Ceará. Foram utilizados os dados do Censo Demográfico de 2010 para o nível individual e os dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) e do IPEADATA para os municípios cearenses. Para tanto, empregou-se o modelo logit multinível com dois níveis hierárquicos. Além disso, para correção de uma possível autocorrelação espacial dos dados de nível municipal, considerou-se a análise espacial hierárquica.

Os achados empíricos do modelo hogit hierárquico mostram que, a nível individual, verifica-se que os trabalhadores: do sexo masculino; brancos; mais velhos; com maior nível educacional; que possuem cônjuge; e que residem em áreas urbanas têm maiores chances de realização do deslocamento pendular. Já ser Chefe da família e quanto maior o número de pessoas na família menores são as chances de pendular.

Na análise espacial, percebe-se que os principais fluxos de deslocamento de *commuters* do estado do Ceará ocorrem nas Regiões Metropolitanas, principalmente em direção às cidades com maior participação econômica do estado. Destacam-se a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e a Microrregião de Sobral, que demonstram um padrão Baixo-Alto. Estes municípios se caracterizam por possuírem baixa proporção de pendulares, mas são cercados de municípios onde há grande proporção de trabalhadores pendulares.

A nível municipal, as evidências do modelo logit hierárquico espacial indicam que um maior nível de emprego e renda do emprego formal (IFDM_Emprego) reduzem as chances de o indivíduo se deslocar diariamente para outro município por motivo de trabalho. E a probabilidade de deslocamento pendular aumenta com um maior nível de emprego formal e com salários médios no Emprego Formal dos municípios vizinhos - W(IFDM_Emprego).

O coeficiente de Gini sugere que quanto maior a desigualdade de renda domiciliar *per capita* do município menor é a chance de os trabalhadores realizarem o desloca-

mento diário para trabalho. A defasagem espacial do coeficiente de Gini $W(\text{Gini})$, é negativa, desse modo, quanto maior esse índice nos municípios vizinhos, menor é a probabilidade de o trabalhador pendular.

A variável Coletivo revelou que nos municípios que dispõem de maior acesso ao transporte público, os indivíduos apresentam maiores chances de serem *commuters*. Essa variável, a nível municipal, foi a que mais teve impacto sobre a pendularidade. Além disso, a defasagem da variável Urbanização, $W(\text{Urbanização})$, mostra que residir em um município cercado por municípios com maior grau de urbanização aumenta em 47,22% as chances de pendular.

Portanto, as variáveis de nível regional possuem um efeito direto sobre a probabilidade de pendular em virtude das variações desses fatores dentro do município de residência do indivíduo que se desloca diariamente para trabalhar. Outro efeito seria o indireto, relacionado às variações na probabilidade decorrente de mudanças nessas variáveis nos municípios vizinhos. Uma vantagem dos modelos hierárquicos espaciais é que eles conseguem captar esses dois efeitos separadamente.

Essas evidências mostram-se relevantes para o entendimento das decisões relacionadas ao deslocamento e ao mercado de trabalho, sendo de enorme importância para o correto foco de políticas públicas voltadas para mobilidade urbana e habitação.

Para estudos futuros, deixa-se como sugestão a análise do tempo de deslocamento como critério para identificar as distâncias percorridas pelos diferentes perfis de trabalhadores. Além de tentar identificar a relação do histórico de migração com o deslocamento pendular para trabalho.

Referências

- Almeida, E. (2012). *Econometria espacial. Campinas-SP. Alínea*, 31.
- Anselin, L. (1999). The future of spatial analysis in the social sciences. *Geographic information sciences*, 5(2):67-76.
- Axisa, J. J., Newbold, K. B., e Scott, D. M. (2012). Migration, urban growth and commuting distance in toronto's commuter shed. *Area*, 44(3):344-355.
- Baumont, C. (2004). *Spatial effects in housing price models: do housing prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?* Tese de Doutorado, Laboratoire d'économie et de gestion (LEG).
- Blumenberg, E. e Ong, P. (2001). Cars, buses, and jobs: welfare participants and employment access in los angeles. *Transportation Research Record*, 1756(1):22-31.
- Börsch-Supan, A. (1990). Education and its double-edged impact on mobility. *Economics of Education review*, 9(1):39-53.

- Branco, M. L. C., Firkowski, O. L. C. F., e Moura, R. (2005). Movimento pendular: Abordagem teórica e reflexões sobre o uso do indicador. In: *Anais do XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional*, Salvador.
- Brito, D. J. e Amaral e Silva, M. V. (2021). Determinantes dos movimentos pendulares no brasil: uma análise espacial. *Estudios económicos*, 38(76):95–122.
- Brito, D. J. M. d. e Ramalho, H. M. d. B. (2019). Caracterização e determinantes dos movimentos pendulares na região metropolitana do recife: evidências a partir de um modelo gravitacional. *Revista Econômica do Nordeste*, 50(2):95–113.
- Brito, D. J. M. d., Silva, M. V. A., e Rossi, M. C. T. (2021). Abordagem hierárquico-espacial dos fatores que afetam a participação no mercado de trabalho brasileiro.
- Buettner, T. e Ebertz, A. (2009). Quality of life in the regions: Results for german counties. *The Annals of Regional Science*, 43:89–112.
- Colla, C. et al. (2018). Migração e pendularidade na região metropolitana de curitiba entre 2000 e 2010: complementaridade ou substituição?
- Eliasson, K., Lindgren, U., e Westerlund, O. (2003). Geographical labour mobility: migration or commuting? *Regional studies*, 37(8):827–837.
- Florax, R. J., Folmer, H., e Rey, S. J. (2003). Specification searches in spatial econometrics: the relevance of hendry's methodology. *Regional Science and Urban Economics*, 33(5):557–579.
- Fusco, W. e Ojima, R. (2015). Migrações e nordestinos pelo brasil: uma breve contextualização. *OJIMA, Ricardo; FUSCO, Wilson;. Migrações nordestinas no Século*, Página 11–26.
- Hope, M. e Shannon, E. D. (2005). A comparison of two procedures to fit multi-level data: Proc glm versus proc mixed. In: *Proceedings of the 30th Annual SAS Users Group Conference, SAS Institute Inc.*
- Lameira, V. D. C., Gonçalves, E., e Freguglia, R. D. S. (2014). Abordagem hierárquico-espacial dos fatores individuais e regionais da mobilidade de trabalhadores qualificados no brasil formal (2003-2008). In: *Anais do XL Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 40th Brazilian Economics Meeting]*, number 169. ANPEC - Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia.
- Lobo, C. F. F. (2016). Mobilidade pendular e a dispersão espacial da população: evidências com base nos fluxos com destino às principais metrópoles brasileiras. *Caderno de Geografia*.
- Martín-Barroso, D., Núñez-Serrano, J. A., Turrión, J., e Velázquez, F. J. (2022). Are workers' commutes sensitive to changes in the labour market situation? *Journal of Transport Geography*, 101:103352.

- Miranda, R. A. d. e Domingues, E. P. (2010). Commuting to work and residential choices in the metropolitan area of belo horizonte, brazil. *Urban Public Economics Review*, (12):41–71.
- Moran, P. A. (1948). The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 10(2):243–251.
- Morenoff, J. D. (2003). Neighborhood mechanisms and the spatial dynamics of birth weight. *American journal of sociology*, 108(5):976–1017.
- Ojima, R. e Marandola Jr, E. (2012). Mobilidade populacional e um novo significado para as cidades: dispersão urbana e reflexiva na dinâmica regional não metropolitana. *Revista brasileira de estudos urbanos e regionais*, 14(2):103–103.
- Ojima, R., Pereira, R. H. M., e Silva, R. B. d. (2016). Cidades-dormitório e a mobilidade pendular: espaços da desigualdade na redistribuição dos riscos socioambientais? 1. *Anais*, Página 1–20.
- Oliveira, E. L. e Givisiez, G. H. N. (2017). Trabalho e migração pendular nas cidades médias brasileiras. In: *Anais do XII Encontro Nacional de Pós-Graduação em Geografia - ENANPEGE*, Porto Alegre.
- Papanikolaou, G. (2006). Spatial and individual influence on commuting behaviour in germany.
- Partridge, M. D., Ali, K., e Olfert, M. R. (2010). Rural-to-urban commuting: Three degrees of integration. *Growth and Change*, 41(2):303–335.
- Paula Santos, B. L. d. e Lelis, L. V. C. (2018). Movimentos pendulares e diferenciais de salários no brasil. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, 12(4):521–542.
- Pereira, R. H. M. e Herrero, V. (2009). Mobilidade pendular: uma proposta teórico-metodológica. Texto para discussão, Texto para discussão.
- Pinjari, A. R., Pendyala, R. M., Bhat, C. R., e Waddell, P. A. (2011). Modeling the choice continuum: an integrated model of residential location, auto ownership, bicycle ownership, and commute tour mode choice decisions. *Transportation*, 38:933–958.
- Ramalho, H. M. d. B. e Brito, D. J. M. d. (2016). Migração intrametropolitana e mobilidade pendular: evidências para a região metropolitana do recife. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 46:823–877.
- Riani, J. d. L. R. (2005). Determinantes do resultado educacional no brasil: Família, perfil escolar dos municípios e dividendo demográfico numa abordagem hierárquica e espacial.
- Ribeiro, R. I., Raiher, A. P., Cândido, M. J., e Stege, A. L. (2018). A migração interestadual no brasil: Distribuição e seus determinantes. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, 3(41).

- Sales Silva, J. d. (2020). Análise dos determinantes da migração pendular nas regiões metropolitanas do sudeste brasileiro. *Economia & Região*, 8(2):29–40.
- Santos, B. L. d. P. (2018). Deslocamentos pendulares e salários nas cidades médias brasileiras.
- Sidrim, R. M. S. e Fusco, W. (2019). Pendularidade e inserção ocupacional na região metropolitana de fortaleza. *Anais*, Página 1–21.
- Silva, J. G. d. (2019). Características da mobilidade inter e intramunicipal por motivo de trabalho: Evidências para o Brasil. Dissertação de Mestrado, Brasil.
- Silva, J. G. d. (2020). Movimentos pendulares por razões laborais na região metropolitana de fortaleza (rmf): Quem pratica? *Latin American Journal of Business Management*, 11(2).
- Silva, J. G. d., Queiroz, S. N. d., e Sidrim, R. M. S. (2021). Mobilidade pendular na região metropolitana do cariri. *Economia & Região*, 9(2):211–231.
- Taveira, J. G. e Almeida, E. S. (2014). Os determinantes regionais da atração do migrante qualificado. *Análise Econômica*, 32(62).

Apêndice:

A.1. I de Moran para os resíduos do modelo logit hierárquico

Matrizes	MQO		Bayesiano	
	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor
Queen 1	0,341	0,001	0,342	0,001
Queen 2	0,276	0,001	0,277	0,001
Queen 3	0,138	0,001	0,137	0,001
Rook 1	0,337	0,001	0,339	0,001
Rook 2	0,291	0,001	0,293	0,001
Rook 3	0,162	0,001	0,161	0,001
K1	0,407	0,001	0,414	0,001
K2	0,444	0,001	0,453	0,001
K3	0,443	0,001	0,451	0,001
K4	0,429	0,001	0,436	0,001
K5	0,416	0,001	0,421	0,001
K6	0,401	0,001	0,405	0,001

Fonte: Elaboração própria.