

# Contágio pela COVID-19 nas Cidades: Distância ao trabalho e Densidade Residencial Importam?

*Contagion by COVID-19 in the Cities: Commuting distance and Residential Density matter?*

Denis Fernandes Alves<sup>1</sup>; Raul da Mota Silveira Neto<sup>2</sup>; André Luis Squarize Chagas<sup>3</sup>

## RESUMO

Este estudo trata da contaminação pela COVID-19 e sua relação com a intensidade construtiva da cidade, o tempo de deslocamento das pessoas ao trabalho e a dinâmica do mercado de trabalho durante o período de *lockdown*. Utilizam-se microdados de trabalhadores formais, disponíveis para a cidade do Recife, ajustando um modelo de probabilidade de contração da doença. Encontramos relações positivas e significativas entre essas características urbanas e o aumento do contágio, controlando uma série de fatores como vizinhança, características dos indivíduos, comorbidades, ocupações e atividades econômicas. Nossos resultados mostram que uma maior distância ao emprego aumenta a probabilidade de infecção. O mesmo acontece com a intensidade construtiva, indicando que moradias em áreas mais densas, como apartamentos em prédios, condomínios e favelas, aumentam as chances de contrair a doença. Também observa-se que trabalhadores formais, com ensino superior completo, têm menos chances de contágio, enquanto que profissionais de saúde, na linha de frente do combate à doença, têm maior risco. Em geral, o *lockdown* foi eficaz na redução do contágio por reduzir a mobilidade das pessoas, no período.

**Palavras-chave:** *Commuting*; *floor-area-ratio* (FAR); *lockdown*; COVID-19; Recife.

## ABSTRACT

*This study deals with the contamination caused by COVID-19 and its relationship with the constructive intensity of the city, the workers' commuting distance, and the dynamics of the labor market during the lockdown period. Microdata from formal workers, available for the city of Recife, is used, and a probability model of contracting the disease was adjusted. We found positive and significant relationships between these urban characteristics and the increase in contagion, controlling for a series of factors such as neighborhood, individual characteristics, comorbidities, occupations and economic activities. Our results show that greater distance to work increases the likelihood of infection. The same happens with construction intensity, indicating that housing in denser areas, such as apartments in buildings, condominiums, and slums, increases the chances of contracting the disease. It is also observed that formal workers, with complete higher education, are less likely to be infected, while health professionals, on the front lines of fighting the disease, are at greater risk. In general, the lockdown was effective in reducing contagion by reducing people's mobility in the period.*

**Keywords:** *Commuting*; *floor-area-ratio* (FAR); *lockdown*; COVID-19; Recife.

**Área 8:** Questões urbanas e metrópoles.

**Jel codes:** C38, C21, R11 e R12.

## 1 Introdução

O vírus da COVID-19 começou a se espalhar pela China e rapidamente atingiu praticamente todos os outros países do mundo, transformando-se em uma grande pandemia (OMS, 2020). Como se verificou, tal

<sup>1</sup> Doutorando em Economia (PIMES/UFPE). E-mail: denis.fernandes@ufpe.br

<sup>2</sup> Professor de Economia (PIMES/UFPE). E-mail: raul.silveirant@ufpe.br

<sup>3</sup> Professor de Economia (FEA/USP). E-mail: achagas@usp.br

vírus representava riscos particularmente altos, dada a possibilidade de evolução dos infectados para quadros de pneumonia e outros problemas pulmonares, o que explica sua taxa de mortalidade estimada em até 3% (OMS, 2020; WANG et al., 2020; BOURDIN et al., 2021). Uma vez que a sobrevivência do vírus depende de condições climáticas locais e seu contágio requer alguma interação ou exposição pública das pessoas, é esperado que as taxas de contágio variem entre os diferentes espaços urbanos.

De fato, os estudos realizados analisando os riscos de contágio pela COVID-19 confirmaram a relevância das especificidades espaciais locais para explicar a variância espacial nas taxas de contágios. Paez et al. (2021), estudando o caso espanhol, mostraram que localidades de mais elevadas temperaturas e maiores umidades apresentam menores taxas de contágio. Por sua vez, Cerqua e Letta (2022) e Carvalho et al. (2021) apontaram, respectivamente, para os casos italiano e português, que as localidades mais especializadas nas atividades de serviços, ao exigirem maior interação presencial, foram mais afetadas pela pandemia. Já para o Reino Unido, Mutambudzi et al. (2021) indicaram risco de condição mais grave da doença em trabalhadores de setores essenciais. Na China, o risco de contágio parece mais persistente nos setores de petróleo, energia, gás, mineração de carvão e petroquímica (SI et al., 2021). No caso dos EUA, Desmet e Wacziarg (2021) indicaram que os mais fortes efeitos da pandemia da COVID-19 foram nos centros urbanos mais pobres e de menores níveis de escolaridade.

Ainda mais significativas são as variações destas taxas entre indivíduos dentro das cidades. Mesmo que sujeitos a características climáticas semelhantes, especialização produtiva ou características individuais (idade e escolaridade, por exemplo), é possível verificar significativas variações nas taxas de contágio pela COVID-19 no interior das cidades. É muito mais reduzido, porém, o conhecimento dos fatores intra-urbanos responsáveis pelos diferentes ritmos de disseminação do vírus. Em um dos poucos estudos a respeito, analisando o caso de Nova Iorque, Glaeser, Gorbach e Redding (2022) associaram uma redução em 10% na mobilidade urbana das pessoas a uma queda de 0,2 pontos nos casos de contaminação pela COVID-19. No mesmo sentido, mas considerando o caso da Alemanha, Mitze e Kosfeld (2022) associaram deslocamentos mais longos ao trabalho (*commuting*) a uma elevação em 20% da propagação do vírus. Por seu turno, Rosenthal, Strange e Urrego (2021) e Liu e Su (2021) documentaram a relativa perda de valor de lugares mais centrais e adensados, supostamente com maior risco de contágio pelo vírus, dentro das cidades americanas em decorrência da pandemia da COVID-19.

Este último conjunto de trabalhos sugere que características da estrutura urbana das cidades estão associadas aos diferentes níveis de contaminação observados dentro das mesmas. Usando dados de trabalhadores da Cidade do Recife, este trabalho pretende analisar a importância destas características para a disseminação da COVID-19. Mais especificamente, são investigados dois potenciais canais de contágios pela COVID-19 associados a características urbanas: os diferenciais de *commuting* diário e de densidades domiciliares entre os locais de residência dos indivíduos da cidade. A hipótese de trabalho é que o tempo mais longo *commuting* diário pode levar a um maior risco de exposição ao vírus, um efeito que seria potencializado com uso do transporte público. Com relação ao local de residência, locais de maior adensamento residencial tende a favorecer a maior interação entre as pessoas, seja nos espaços privados comuns, como elevadores, ou nos espaços públicos no entorno.

A disponibilidade de dados para a Cidade do Recife permite explorar significativa variância com respeito aos determinantes das chances de contágio pela COVID-19 (dadas a sua geografia e heterogeneidades urbanas). Por um lado, a cidade apresenta um dos maiores tempos de *commuting* diários dos trabalhadores (PERO; STEFANELLI, 2015) e, como indicaram recentemente por Lima e Silveira Neto (2019), passa por um processo de adensamento construtivo e populacional que toma a forma de forte tendência de verticalização dos domicílios. Por outro lado, sua elevada desigualdade de renda e marcante padrão de segregação residencial por renda (OLIVEIRA; SILVEIRA NETO, 2016) impõem desafios empíricos, dado que os efeitos das características urbanas e das pessoais sobre as chances de contaminação podem ser confundidas.

A estratégia empírica adotada enfrenta tal desafio. Primeiro, faz-se uso de uma base de dados única e bastante rica a respeito dos moradores que fizeram teste para detecção de contaminação na cidade obtida junto ao governo do estado de Pernambuco. Além de características pessoais, esta base de informações permite identificar a localização do domicílio dos indivíduos e suas características pessoais e locacionais. A este conjunto de informações foram agregados dados dos trabalhadores disponíveis na base de dados da RAIS/MTE, o que permitiu identificar os locais de trabalhos dos indivíduos. De posse destas informações,

constrói-se uma variável binária indicadora de contágio ou não pela COVID-19 (variável dependente) e as duas variáveis de interesse (distância da residência ao local trabalho e intensidade construtiva ou *Floor Area Ratio* do lote do indivíduo).

Para controlar a endogeneidade entre as variáveis, decorrente da simultaneidade entre a variável dependente e as variáveis independentes de interesse, faz-se uso do método de variáveis instrumentais. Para a extensão o *commuting* do indivíduo, assim como Duarte (2020), são utilizados os percursos pelos trilhos imperiais ao CBD<sup>4</sup> da cidade. Estes trilhos cruzavam a Cidade do Recife. Foram construídos para escoamento da produção do açúcar e algodão para o porto. E direcionaram o padrão viário atual da cidade. Já para a intensidade construtiva dos lotes residenciais dos moradores, a usa-se a densidade de domicílios do setor censitário de 2000 (obtidos a partir de dados do Censo Demográfico). Tais instrumentos são fortemente associados às variáveis de interesse e, ao mesmo tempo, não parecem afetar diretamente a chance de contágio por outros mecanismos, além daqueles representado pelas duas variáveis.

Além dessa introdução, o artigo está estruturado em mais cinco seções. Na seção 2, são apresentadas as informações e dados da COVID-19 na cidade do Recife, considerando o contexto urbano e o mercado de trabalho local. Na seção 3 são apresentadas e discutidas a estratégia empírica adotada e a base de dados utilizada. Nas seções quatro e cinco são apresentados, respectivamente, os principais resultados da pesquisa e os resultados de heterogeneidades e testes de robustez. Finalmente, na seção seis são apresentadas as conclusões do estudo.

## 2 O Recife, sua estrutura urbana e contágio pelo COVID-19

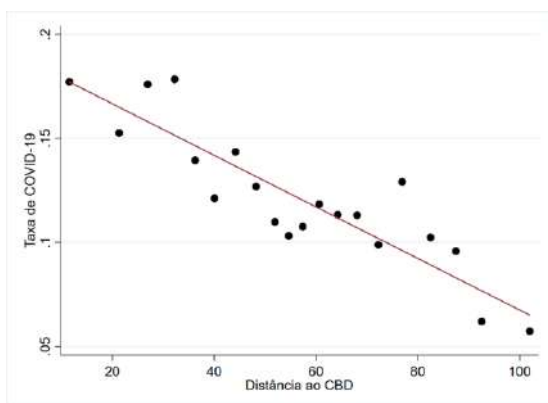
Fundada em 12 de março de 1537, a então vila do Recife, hoje Cidade do Recife, é um dos principais e mais antigos centros urbanos do país e atual capital do estado de Pernambuco. De origem portuária, tal capital é tipicamente uma cidade com características monocêntricas, com seu CBD concentrando cerca de 26% do emprego total da Região Metropolitana do Recife (RMR), formada por quatorze municípios e da qual é município núcleo.<sup>5</sup> Hoje com cerca de 1,5 milhão de habitantes, a cidade também é a nona cidade mais populosa do país, sendo a quarta capital brasileira de maior adensamento populacional.

A idade avançada, também para as cidades, impõe desafios. Ao lado da pouca atenção à expansão do transporte público, a prévia e antiga ocupação dos lotes urbanos em épocas de pouca disseminação de modais de transporte individual como o automóvel e a estrutura urbana da cidade centrada fortemente em seu único CBD parecem por trás da acentuada piora de sua mobilidade urbana nos anos recentes. Entre todas as regiões metropolitanas do país, por exemplo, a RMR foi a que apresentou o maior crescimento do tempo de deslocamento no percurso de casa para o trabalho, entre os anos de 2003 e 2013 (BARBOSA; SILVEIRA NETO, 2017; DUARTE, 2020).

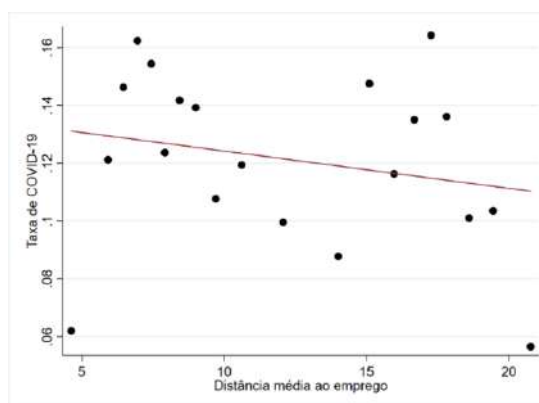
Consistente com o perfil monocêntrico da cidade que, portanto, apresenta maior adensamento de emprego e demográfico nas proximidades de seu CBD, a Figura 3(a), a seguir, a partir dos setores censitários da cidade e utilizando dados da pesquisa (comentados adiante), apresenta uma relação claramente negativa entre distância ao CBD e taxa de contágio pela COVID-19. Ou seja, dada a forte concentração de emprego e famílias nas regiões mais centrais da cidade, não é surpresa que se verifiquem nestas localidades as maiores chances de contágio pelo vírus. Por outro lado, a relação apresentada na Figura 3(b) entre a distância média ao emprego a taxa de contágio pela COVID-19 é muito mais fraca, sugerindo que em sentido oposto ao menor adensamento das regiões periféricas (mais distantes do emprego formal), o mais longo *commuting* das pessoas nos setores censitários mais periféricos pode favorecer a maior chance de contágio pelo vírus. A referida figura deixa também evidente a presença de elevadas taxas de contágio de pessoas habitando localidades com maiores distâncias ao emprego.

<sup>4</sup> Central Business District (CBD) é o principal centro comercial e de negócios de uma cidade.

<sup>5</sup> Os quatorze municípios que a compõem são: Araçoiaba, Igarassu, Itapissuma, Ilha de Itamaracá, Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Camaragibe, Recife, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Moreno, Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.



(a) Distância ao CBD

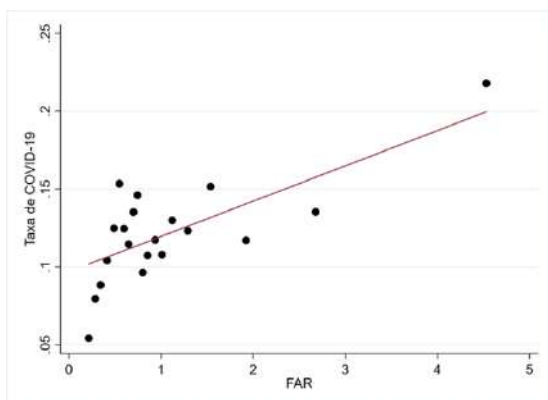


(b) Distância média ao emprego

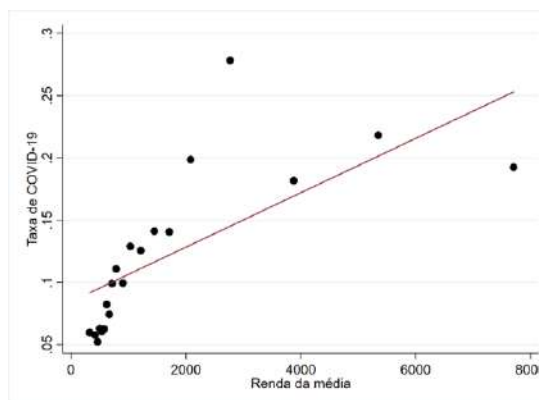
Fonte: Elaboração própria.

Figura 1 – Taxa de contágio pela COVID-19 e sua relação com o deslocamento diário por setor censitário (*commuting*) na cidade do Recife

Mas o padrão monocêntrico também condiciona seu padrão construtivo em diferentes localidades da cidade. Consequência da maior valorização do solo urbano, as edificações que utilizam mais intensamente o espaço urbano (ou seja, apresentam maior FAR) tendem a aparecer nas proximidades dos empregos e das amenidades típicas da cidade, como rios, praias, parques e ZEIS (RODRIGUES; SILVEIRA NETO; MIRANDA, 2019). Dada a associação entre maior adensamento e chance de contágio pelo vírus, em nada surpreende a relação positiva entre a FAR dos setores censitários e as chances de contágio pela COVID-19 apresentada a partir da Figura 2(a), a seguir. A referida relação sugere, portanto, que localidades com maior presença de prédios, condomínios e áreas mais densamente habitadas, como favelas, podem apresentar maior chance de contágio pela COVID-19.



(a) FAR



(b) Renda média

Fonte: Elaboração própria.

Figura 2 – Taxa de contágio pela COVID-19 e sua relação com a FAR e renda média por setor censitário

As relações entre o mais longo *commuting* e a maior densidade construtiva e as chances de contágio pela COVID-19 sugeridas pela figuras apresentadas podem obviamente ocultar influências de fatores associados às duas características urbanas e contágio pelo vírus. Por exemplo, a Figura 2(b) exemplifica tais possibilidades a partir da relação entre a renda dos setores e sua taxa de contaminação pelo vírus. Como famílias de mais alta renda também tendem a morar em lugares mais verticalizados que, em geral, são mais próximos do CBD, qualquer associação (positiva ou negativa) entre renda e chance de contaminação torna potencialmente espúria a associação entre a intensidade construtiva apreendida pela FAR e a chance de contágio pela COVID-19. Na próxima seção é exposta a estratégia utilizada no trabalho para enfrentar estes (e outros) desafios.

### 3 Estratégia empírica

#### 3.1 Especificação Econométrica

O exercício empírico proposto nesta pesquisa procura testar as hipóteses de que o mais longo *commuting* diário do trabalhador da residência até o local de trabalho e a intensidade construtiva residencial afetaram positivamente a probabilidade de contágio deste por COVID-19 durante a epidemia de SARS-COV2 na cidade do Recife. Para tal, a pesquisa faz uso de modelos econométricos para estimar as influências causais destas variáveis sobre a referida probabilidade, considerando os trabalhadores do mercado de trabalho formal da cidade no ano de 2020. Em termos formais, a seguinte relação é especificada:

$$CVD_{ijkt} = \beta_0 + \beta_1 Dist_{ij} + \beta_2 FAR_i + X_{ijkt}\beta_3 + F_{jkt}\beta_4 + \sigma_t + \epsilon_{ijkt} \quad (1)$$

Onde: o  $CVD_{ijkt}$  que é uma variável binária igual a 1 se o indivíduo  $i$ , pertencente à firma  $j$  do setor de atividade  $k$ , contraiu COVID-19 no mês  $t$  do ano de 2020; zero caso contrário. As variáveis explicativas são: a distância ao emprego ( $Dist_{ij}$ ), a intensidade construtiva do uso do solo associado ao lote da residência ou *floor-area-ratio* ( $FAR_i$ ),  $X_{ijk}$  são as características socioeconômicas do indivíduo  $i$  que trabalha no setor de atividades  $k$ , as variáveis  $F_{jkt}$  correspondem às características da firma  $j$  e do setor de atividade  $k$  que ela pertence em que o indivíduo trabalha, ( $\sigma_t$ ) corresponde a um efeito fixo de mês do teste<sup>6</sup> e  $\epsilon_{ijkt}$  representa o termo de erro.

Nesta especificação, os dois coeficientes de interesse são  $\beta_1$  e  $\beta_2$ , que apreendem as influências das variáveis distância ao emprego ( $Dist_{ij}$ ) e da intensidade construtiva da residência ( $FAR_i$ ) sobre a chance de contágio pela COVID-19. Em ambos os casos, efeitos positivos são esperados. Isto é, aguarda-se que o aumento da distância de deslocamento ao trabalho e exposição ao público em distâncias mais longas aumente o risco de transmissão será maior para aquele indivíduo o mesmo acontecendo com a moradia onde a intensidade construtiva é mais elevada. A variável de distância é medida a partir da georreferenciamento de dois pontos geográficos: a localização da residência do indivíduos e a localização da firma em que este trabalha. Como discutido adiante, tal construção foi possível a partir do *merge* de dois bancos de dados diferentes<sup>7</sup>. Já a segunda variável de interesse, a razão *floor-area-ratio* ( $FAR_i$ ), que captura a intensidade construtiva onde o indivíduo mora é medida pela razão entre à metragem quadrada da área construída dividida pela área do lote (BRUECKNER, 2011); mais formalmente, seu valor é obtido da seguinte forma 2:

$$FAR_i = \frac{arc_i + (arp_i \times n)}{arl_i} \quad (2)$$

Onde:  $arc_i$  é a área comum,  $arp_i$  é a área privada,  $n$  é a quantidade de lotes e  $arl_i$  é a área do lote.

Diferentes motivos fazem a obtenção dos efeitos causais destas variáveis sobre a chance de contágio pela COVID-19 bastante desafiadora a partir de estratégias convencionais (por exemplo, MQO ou modelos não-lineares tradicionais com *probit* ou *logit*). Fundamentalmente, há um conjunto importante de fatores observáveis e possivelmente não-observáveis que podem estar associados à localização da residência/trabalho e ao tipo de moradia dos indivíduos e, ao mesmo tempo, afetar as chances de contágios pela COVID-19. Para resumir as dificuldades a partir de exemplos mais óbvios, o *sorting* quanto ao local de residência (ou de trabalho) e tipo de residência (ou tipo de ocupação) pelas famílias baseado na renda, escolaridade ou preferências não-observáveis tornaria as estimativas dos coeficientes pouco críveis (viesadas) uma vez que tais fatores também parecem afetar as chances de contágio por COVID-19. A investigação enfrenta tal desafio basicamente de duas formas.

Primeiro, faz uso de um conjunto considerável de variáveis de controle que potencialmente afetam a chance de uma trabalhador ser contagiado pelo vírus tanto ao nível de indivíduo, de vizinhança e das

<sup>6</sup> O mês que o indivíduo  $i$  fez o teste para COVID-19.

<sup>7</sup> Os resultados do trabalho são praticamente os mesmos quando utilizadas as distâncias Euclidianas ou as distâncias efetivas obtidas a partir das vias da cidade.

firmas. Especificamente, no primeiro caso, são consideradas as características pessoais (idade, gênero, raça, comorbidades), os níveis de escolaridade e a renda do trabalho; no segundo caso, são considerados indicadores de serviços de infraestrutura urbana ao nível de setor censitários (2010) (acesso a água, saneamento, e densidade demográfica); finalmente, no caso das firmas, são consideradas as categorias de atividades econômicas, o tamanho da firma, e as categorias de ocupações do trabalhador. A Tabela 1 apresenta estatísticas descritivas destas variáveis.

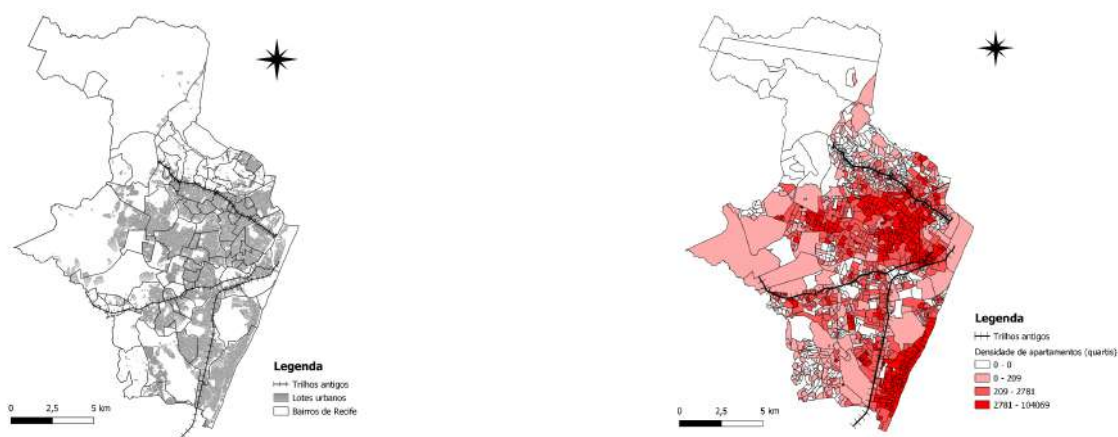
Em adição, uma vez que influências associadas a fatores não-observados podem ainda comprometer as estimativas, a pesquisa utiliza variáveis instrumentais (IV) para as duas variáveis de interesse (extensão do *commuting* e intensidade construtiva).

Para construção de uma IV para a extensão do *commuting*, a pesquisa segue a estratégia similar àquela aplicada por Haddad e Barufi (2017) e Duarte (2020) e utiliza os trilhos imperiais construídos na cidade do Recife na segunda metade do século XIX e não mais em funcionamento. As ferrovias foram implantadas na cidade em caráter quase pioneiro no Brasil e destinava-se ao escoamento da produção de açúcar e algodão para o porto do Recife. A *Recife and São Francisco Railway*, a primeira ferrovia inglesa e segunda implantada no Brasil, foi inaugurada em 1858, ligando Recife ao Cabo, em um percurso de 31,5 km. A partir daí, surgiram outros caminhos de ferro que facilitaram muito a ligação entre o interior e o litoral do estado (CARDOSO; ALBUQUERQUE, 2020; DUARTE, 2020). Em 1881 e 1885, com o mesmo fito econômico, são inauguradas, respectivamente, a Estrada de Ferro do Recife ao Limoeiro e a Estrada de Ferro Recife a Caruaru (posteriormente denominada Estrada de Ferro Central de Pernambuco). Como mostra a Figura 3(a), a seguir, os trilhos antigo associados às três linhas de ferro seguiram a orientação da zona portuária, partindo do Recife para o leste em direções sudoeste, noroeste e oeste. Com o crescimento e o espalhamento urbano, os antigos trilhos dos trens não mais funcionam, mas, dadas as condições relevo da cidade e seus sítios alagados, facilitaram a implementação de vias rodoviárias importantes da cidade, como as atuais Avenida Norte e Caxangá, e linhas de metrô de superfície da cidade que se transformaram em grandes veias de conexão do subúrbio ao centro.

Por se tratar de uma cidade com estrutura essencialmente monocêntrica (RODRIGUES; SILVEIRA NETO; MIRANDA, 2019) e dada a importância histórica das ferrovias na formação da cidade, foram utilizado os antigos trilhos das três ferrovias imperiais para construir uma IV para a atual extensão do *commuting* dos indivíduos. Tal instrumento corresponde precisamente à distância entre as residências e o atual CBD da cidade (Marco Zero) através dos antigos trilhos (Figura 3(a))<sup>8</sup>. Note-se que, dada a estrutura da cidade em torno de seu centro principal (CBD) e a utilização dos antigos trilhos como vias para implementação de parte das atuais rodovias, tal IV tende a apresentar claramente associada à atual extensão do *commuting* dos trabalhadores da cidade. Além disto, por serem totalmente ignorados pelos atuais moradores e firmas da cidade (exceto através da influência das atuais vias) quando de suas decisões de localização, é esperado também que seja um instrumento exógeno.

Com relação à FAR, a variável instrumental é construída a partir da densidade de apartamentos do setor censitário ao qual o lote da FAR pertence na cidade do Recife no ano de 2000. Para a obtenção desse instrumento, foram coletados dados da densidade de apartamentos por setor censitário do ano 2000. A Figura 3(b), a seguir, apresenta um quadro da densidade de apartamentos (quartis) por setor censitário na cidade de Recife para o ano de 2000. Note-se que a validade deste instrumento está baseada em duas conjecturas fundamentais. Primeiro, na ideia de que a estrutura urbana da cidade guarda certa rigidez temporal e, portanto, o grau de adensamento construtivo das localidades intraurbanas guarda forte relação com seu passado. Neste sentido, aguarda-se que a atual FAR referente à residência de um indivíduo da cidade esteja claramente associada à densidade de construtiva do setor censitário de sua localização cerca de 20 anos atrás, isto é, aguarda-se por aqui um instrumento relevante. Por outro lado, tal período de tempo é suficientemente longo para que tal situação do setor censitário reflita fatores associados a decisões correntes de moradores e construtores, ou seja, também aqui a expectativa é de que o instrumento seja realmente exógeno às condições correntes do mercado construtivo.

<sup>8</sup> Esse instrumento utiliza uma base de dados GIS das rotas antigas em Recife para calcular essa distância.



(a) Lotes urbanos e trilhos antigos imperiais

(b) Densidades de apartamentos por setor censitário

Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 – Trilhos antigos dos trens e densidades de apartamentos por setor censitário

### 3.2 Bases de dados

A pesquisa faz uso de diferentes fontes de informações que são conectadas a partir da identificação do trabalhadores nos diferentes bancos de dados. A maior parte das informações sobre os indivíduos da amostra, essencialmente características pessoais, familiares e informações sobre os resultados dos testes para COVID-19 no ano de 2020, é proveniente de banco de dados oficiais da Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco. Note-se que tal banco apresenta duas informações essenciais para a pesquisa: informações que permitem identificar os indivíduos em outras bases utilizadas (pelo CPF) e suas informações precisas sobre localização de residência (endereço endereço residencial). O indivíduo desta primeira base é, assim, identificado nos microdados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), de onde são extraídas as informações sobre mercado de trabalho, inclusive endereço das firmas e, assim, do local de trabalho destes indivíduos. Finalmente, com a identificação da localização residencial, também é possível obter informações sobre suas vizinhanças a partir dos setores censitários do Censo Demográfico de 2010.

Ainda que seja possível argumentar que a amostra utilizada pode não ser representativa da população da cidade uma vez que a base de dados da Secretaria de Saúde pode não inclui toda a população da cidade submetida a teste para a COVID-19, tal aparente limitação é atenuada pelo fato de que na cidade a grande maioria das pessoas recorreram as instâncias públicas para realização de testes para a COVID-19. Também seria possível apontar certa limitação do trabalho pelo fato do mesmo considerar apenas os trabalhadores formais (aqueles presentes na RAIS). Mas note-se aqui tal aparente limitação deve ser relativizada, agora, pelo fato de que parte importante dos trabalhadores informais tendem a apresentar extensões de *commuting* diários desprezíveis uma vez que trabalham nas proximidades das residências. Neste sentido, a maior parte de um dos fenômenos investigados (relevância da extensão do *commuting* imporia ele mesmo o tipo de trabalhador utilizado na pesquisa.

É importante salientar também que, dados os mecanismos postulados para a atuação das duas características urbanas de interesse, ao menos a princípio, é fundamental que os indivíduos considerados nas estimações exerçam ocupações não afetadas por paralisações e *lockdown*. De fato, como aponta Negri et al. (2021), algumas atividades como profissionais de nível técnico, serviços administrativos e supervisores, e profissionais da educação, passaram a ser exercidas em grande a partir o trabalho remoto (em regime *home office*). Neste sentido, a partir de informações presentes na Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), utilizada pela RAIS, foi possível identificar as ocupações consideradas essenciais nas quais os indivíduos continuaram a trabalhar diariamente durante a pandemia; são elas, especificamente: profissionais de saúde, atendimento de caixa e outros, e policiais, bombeiros e seguranças. A amostra inicial considerada na pesquisa, portanto, diz respeito apenas a trabalhadores destes grupos de ocupação que continuaram suas atividades durante a pandemia.

A Tabela 1, a seguir, apresenta estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na pesquisa considerando

os diferentes níveis de agregação utilizados (indivíduos, famílias, vizinhança e mercado de trabalho). É importante destacar que uma parcela significativa dos trabalhadores não declarou sua raça/etnia. Além disso, estudos como o de [Almagro e Orane-Hutchinson \(2020\)](#) demonstraram que uma parcela significativa de trabalhadores negros e de baixa renda continuaram trabalhando em setores essenciais da economia nos Estados Unidos, o que aumentou suas chances de contrair o vírus durante grande parte da pandemia.

Tabela 1 – Estatística descritiva por trabalhadores

Variáveis	Descrição	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
COVID	Teste para COVID-19	0.31	0.46	0	1
Distância	Distância do indivíduo ao emprego	5.12	2.96	0	21.77
FAR	FAR do indivíduo	1.25	1.34	0.13	5.95
Água	Domicílios com acesso a rede geral de água	280.85	95.70	0	848
Banheiro e esgotamento sanitário	Domicílios com banheiro e esgotamento sanitário via rede geral	5.59	1.91	0	16.9
Densidade	Densidade demográfica	156.95	108.38	0.03	1.817.60
Comorbidades	Condições do indivíduo	0.08	0.27	0	1
Idade	Idade dos trabalhadores	40.01	11.10	15	92
Idade <sup>2</sup>	Idade ao quadrado	1.723.57	950.25	225	8.464
Homem	Sexo masculino	0.42	0.49	0	1
Não Branco	Raça/cor não branca	0.66	0.48	0	1
Branca	Raça/cor branca	0.20	0.40	0	1
Renda	Renda individual (SM)	3.35	4.13	0	96.25
Ensino fund. completo	Ensino fundamental completo	0.04	0.20	0	1
Ensino med. completo	Ensino médio completo	0.46	0.50	0	1
Ensino sup. completo	Ensino superior completo ou mais	0.47	0.50	0	1
Tamanho do estab.	Tamanho da firma	7.54	2.69	1	10
Policiais, bombeiros e seguranças	Ocupação dos trabalhadores	0.04	0.20	0	1
Profissional de Saúde	Ocupação dos trabalhadores	0.16	0.36	0	1
Atendimento de caixa e outros	Ocupação dos trabalhadores	0.06	0.24	0	1
Profissional de nível técnico	Ocupação dos trabalhadores	0.15	0.36	0	1
Serviços administrativos de supervisores	Ocupação dos trabalhadores	0.20	0.40	0	1
Profissionais da Educação	Ocupação dos trabalhadores	0.07	0.26	0	1
Comércio atacadista e varejista essencial	Atividades econômicas	0.10	0.30	0	1
Serviços de informação e comunicação	Atividades econômicas	0.03	0.18	0	1
Fabricação de produtos essenciais	Atividades econômicas	0.01	0.11	0	1
Atividades de saúde humana	Atividades econômicas	0.15	0.35	0	1
Administração pública	Atividades econômicas	0.35	0.48	0	1
Transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio para transportes	Atividades econômicas	0.02	0.15	0	1
Atividades de lazer	Atividades econômicas	0.01	0.08	0	1
Escritórios	Atividades econômicas	0.02	0.15	0	1
Alimentação e alojamento	Atividades econômicas	0.02	0.15	0	1

Fonte: elaboração própria dos autores.

Em média, a idade é de 40 anos, com um desvio padrão de 11 anos. A FAR evidencia que os indivíduos moram em residências com intensidade construtiva maior que 1 e têm uma renda média de 3,34 salários mínimos, ou R\$ 2.790,62. As distâncias variam em relação ao emprego individual de cada um, mas em média são de 2,95 km em relação ao emprego.

As características dos setores econômicos e das empresas onde os trabalhadores formais atuam foram obtidas a partir de variáveis que indicam o tamanho da empresa em termos de número de funcionários e as atividades econômicas conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0)<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Classificação Nacional de Atividades Econômicas, versão 2.0, disponibilizada pela RAIS.



As atividades econômicas utilizadas foram baseadas nas categorias utilizadas por [Negri et al. \(2021\)](#) e são consideradas essenciais por não aderirem ao *lockdown* durante a pandemia no Recife, como comércio atacadista e varejista essencial, serviços de informação e comunicação, fabricação de produtos essenciais, atividades de saúde humana, transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio para transporte. Por outro lado, atividades como administração pública, lazer, escritórios, alimentação e alojamento aderiram ao *lockdown* por determinação governamental, sendo consideradas não essenciais durante esse período.

## 4 Resultados

Essa seção destina-se a explorar os resultados do estudo, em primeiro apresenta os resultados da estimação de primeiro estágio essenciais dada a estratégia empírica adotada, seguidos por duas subseções referentes a atividades econômicas que não aderiram ao período de *lockdown* da economia e todas as atividades econômicas com exclusão do período de *lockdown*.

A estratégia empírica discutida anteriormente exige a estimativa de modelos probabilísticos para analisar os efeitos do *commuting* ao trabalho e da intensidade construtiva na contaminação por COVID-19 na cidade do Recife, bem como a dinâmica do mercado de trabalho durante o *lockdown*. No entanto, essas duas variáveis (distância e FAR) são potencialmente endógena, o que implica a necessidade de se usar instrumentos exógenos para evitar ou atenuar a presença de estimativas enviesadas e inconsistentes que resultariam da aplicação do estimador de Mínimos Quadrados Ordinários. Nessa perspectiva, como já dito anteriormente, foi assumida a exogeneidade dos seguintes instrumentos: acesso físico aos centros de empregos utilizando os trilhos antigos como rotas e a densidade de domicílios de seu setor censitário do ano 2000. A regressão do primeiro estágio, entre instrumentos e variáveis potencialmente endógenas é evidenciada estatisticamente na Tabela 2, a seguir.

Inicialmente, testes foram executados para capturar a relevância dos instrumentos, qualificando-os como fortes ou fracos. No primeiro momento foi estimada a regressão simples do contágio<sup>10</sup> e, em seguida, foi integrado à equação o conjunto das seguintes covariadas. Em geral, a inclusão de novas variáveis em regressões múltiplas eleva o grau de ajuste da modelagem, mas pouco afeta o coeficiente da variável instrumental, que continua consideravelmente forte. Dessa forma, é possível empregar qualquer combinação de instrumento e variável explicativa do contágio pela COVID-19.

Os instrumentos utilizados, tanto para a FAR quanto para o *commuting*, apresentam o coeficiente de interesse estatisticamente significativo com probabilidade de rejeição em 1% para cada tipo de regressão: com e sem covariadas. Observando-se as estimativas do primeiro estágio, nota-se que a estimativa para o coeficiente apresenta valor elevado e com sinal esperado. A estatística F para o primeiro estágio é estatisticamente significativa e assume um valor que facilmente excede 10, o valor de corte sugerido por [Stock, Wright e Yogo \(2002\)](#). O teste F de primeiro estágio foi usado para avaliar as estatísticas fundamentais dos dois instrumentos utilizados (no modelo 2 da Tabela (3)).

As estatísticas Durbin e Wu-Hausman indicaram a rejeição da hipótese nula de exogeneidade da variável representada. Assim, o estimador IV é preferível ao estimador<sup>11</sup> OLS. Tanto o teste de Durbin quanto o teste de Wu-Hausman (F) rejeitaram a hipótese nula de que as variáveis são exógenas, tornando necessário o uso dos instrumentos para distância e para FAR, isto é, o teste de Durbin e Wu-Hausman indicam que os resíduos de uma regressão de distância ao emprego e intensidade construtiva sobre as demais variáveis são estatisticamente significantes quando colocados como regressores de uma regressão de contágio pela COVID-19 sobre todas as variáveis ditas explicativas. Além disso, os resultados da primeira etapa fornecem confiança para o uso dos instrumentos propostos; utilizando a variável de acessibilidade por trilhos como regressor para a distância ao emprego, obteve-se uma influência positiva e estatisticamente significativa. De fato, o conjunto de estatísticas apresentadas para avaliar o instrumento fornece forte confiança para usá-lo.

<sup>10</sup> Não foram apresentadas no trabalho.

<sup>11</sup> Ambos os estimadores são tendenciosos nessa situação, mas somente IV pode gerar estimativas consistentes.

Tabela 2 – Resultado da estimação do 1º Estágio

Variáveis	First-stage regression of km_e:		First-stage regression of FAR3		IV (2SLS) estimation	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
<b>COVID</b>						
DIST_IV	0.014***	0.002	-0.003***	0.001	-	-
FAR_IV	-0.530***	0.017	0.411***	0.008	-	-
Distância	-	-	-	-	0.119***	0.006
FAR	-	-	-	-	0.144***	0.007
Acesso a água	0.024***	0.003	0.023***	0.001	-0.006***	0.002
Acesso a banheiro e esgotamento sanitário	-1.126***	0.129	-1.187***	0.057	0.286***	0.099
Densidade	0.002***	0.000	0.002***	0.000	-0.001***	0.000
Comorbidades	0.050	0.042	0.009	0.019	-0.012	0.009
Idade	0.007	0.007	0.004	0.003	0.001	0.002
Idade <sup>2</sup>	-0.0001	0.000	-0.0001	0.000	-0.000	0.000
Homem	0.019	0.024	-0.014	0.011	0.024***	0.005
Branca	-0.078***	0.030	0.033**	0.013	0.014**	0.006
Renda	-0.014***	0.003	0.013***	0.002	0.000	0.001
Ensino fund. comp.	0.001	0.084	0.0452	0.037	-0.028	0.017
Ensino médio comp.	-0.021	0.065	-0.036	0.029	-0.012	0.014
Ensino sup. comp.	-0.140**	0.066	0.071**	0.029	-0.044***	0.014
tamanho do estab.	0.018***	0.005	-0.004*	0.002	-0.003**	0.001
Policiais, bombeiros e seguranças	0.053	0.058	-0.066**	0.026	-0.013	0.012
Profissional de Saúde	-0.020	0.035	0.065***	0.016	0.023***	0.008
Atendimento de caixa e outros	0.059	0.050	-0.030	0.022	0.006	0.010
Comércio atacadista e varejista essencial	-0.085**	0.043	0.014	0.019	0.018**	0.009
Serviços de informação e comunicação	0.051	0.066	0.008	0.029	0.020	0.014
Fabricação de produtos essenciais	-0.141	0.102	0.114**	0.045	0.066***	0.021
Atividades de saúde humana	-0.053	0.035	-0.011	0.015	0.069***	0.007
Transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio para transportes	-0.010	0.078	0.012	0.034	0.034**	0.016
Constante	4.413***	0.171	0.925***	0.077	0.276	0.208
Estatística F	514.77***	-	1476.78***	-	995,78***	-
Sanderson-Windmeijer (Chi-sq)	24.68***	-	25.07***	-	22.91***	-
Sanderson-Windmeijer (F)	24.66	-	25.05	-	22.90	-
Durbin (score, Chi)	-	-	-	-	25.307***	-
Wu-Hausman (F)	-	-	-	-	12.651***	-
AR Wald test (F)	-	-	-	-	12.45***	-
AR Wald test (Chi, sq)	-	-	-	-	22.92***	-

Fonte: elaboração própria dos autores. Nível de significância estatística: (\*) $P < 0, 1$ ; (\*\*)  $P < 0, 05$ ; (\*\*\*)  $P < 0, 01$ .

#### 4.1 Resultados básicos: atividades que não aderiram ao período de *lockdown* da economia

As estimativas da probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores formais de ocupações e atividades essenciais à economia, isto é, que não aderiram ao período de *lockdown*, estão apresentadas na Tabela 3. Em todas as especificações, a variável dependente indica 1 se o indivíduo foi positivo para COVID-19 e 0 caso contrário, e são utilizadas como controle um conjunto de variáveis referentes às características urbanas, vizinhança, características dos indivíduos, ocupação dos indivíduos e atividades econômicas. Há efeitos fixos para quantidade de testes realizados por indivíduos e mês de realização do teste. Além disso, também foi controlado o fato de o trabalhador já ter algum tipo de comorbidade, tais como doenças cardíacas ou vasculares, diabetes, sobrepeso/obesidade, imunossupressão, doenças renais crônicas, doenças respiratórias crônicas, doença hepática crônica, entre outras.

As especificações do modelo 1 referem-se ao modelo OLS tradicional sem IV, apenas com as variáveis básicas que descrevem as características dos indivíduos e da vizinhança, enquanto o modelo 2 é um modelo 2SLS com IV, onde foram adicionados os dois instrumentos, as atividades econômicas e o efeito fixo de tempo, às variáveis do modelo anterior. As especificações dos modelos 3 a 6 referem-se ao modelo probit. O modelo 3 utiliza apenas o probit simples, sem variáveis instrumentais, e entre as duas variáveis de interesse, apenas a

FAR se mostrou estatisticamente significativa e positiva. No quarto modelo, as duas variáveis de interesse foram instrumentalizadas, enquanto o quinto modelo incluiu as atividades econômicas, com o objetivo de caracterizar a atividade econômica do indivíduo, identificada pela RAIS (CNAE 2.0). No sexto modelo, além das variáveis dos modelos anteriores, foi adicionado o efeito fixo de tempo e o erro padrão robusto.

O Teste Wald de exogeneidade foi estatisticamente significativo em todas as especificações, justificando o uso adequado do modelo probit com IV em relação ao modelo simples de probit. Foi rejeitada a hipótese nula de não endogeneidade. Portanto, o IV probit é superior ao probit, indicando a significância dos termos de erros adicionados à equação do probit. Nesses casos, ambas as variáveis de interesse foram estatisticamente significativas e o teste F foi alto em todas as especificações, mostrando que se trata de dois bons e fortes instrumentos para análise. Dessa forma, justifica-se a necessidade de variáveis instrumentais de acordo com essa estatística de teste para atenuar a endogeneidade.

No contexto urbano, a distância de *commuting* do trabalhador e a densidade construtiva dos domicílios foram estatisticamente significativas. Como esperado, trabalhadores que vivem mais distantes do trabalho tem maior exposição e maior chance de contágio. Além disso, morar em residências de alta densidade construtiva, como prédios, condomínios e favelas, aumenta a probabilidade de contaminação devido à maior sociabilidade, em comparação com residências de baixa densidade construtiva, como casas. As variáveis de controle da vizinhança consideradas como as características dos domicílios do setor censitário onde o indivíduo mora, de acesso à rede geral de água e se o domicílio tem banheiro e acesso a esgotamento sanitário mostraram-se estatisticamente significativas e evidenciam que ter acesso à água reduz a chance de contágio, enquanto domicílios com banheiro e acesso à rede geral de esgoto e densidade demográfica aumentam a probabilidade, corroborando com outros estudos como o caso investigado por [Almagro et al. \(2021\)](#) e [Rosenthal, Strange e Urrego \(2021\)](#).

Dentre as características dos indivíduos, a idade, o sexo, a cor/raça branco apresentaram maior chance de contágio pela COVID-19. Além disso, há uma relação positiva entre uma maior renda desses trabalhadores formais e a chance de contágio, sugerindo que quanto maior a renda, maior a probabilidade de contágio, uma vez que esse grupo realiza mais testes do que outros trabalhadores. Por outro lado, quanto maior a escolaridade do indivíduo, menor é a chance de contágio, sugerindo que os indivíduos com maior escolaridade tendem a ter empregos com menor contato com o público. Em relação às firmas, o tamanho da empresa é um fator relevante, de forma que quanto maior o número de funcionários, maior a probabilidade de contágio.

Em termos de ocupação profissional, os resultados indicam que os indivíduos que trabalham em serviços essenciais, como profissionais de saúde, apresentaram um resultado robusto em todos os cinco modelos, sugerindo que o fato de ter essa ocupação aumenta a chance de contrair o vírus, o que corrobora com [Janiak, Machado e Turén \(2021\)](#). Além disso, serviços de atendimento ao público, seja em mercados ou outros estabelecimentos, apresentaram uma relação positiva e significativa nos dois primeiros modelos, sugerindo um aumento de contágio pelo vírus nesses trabalhadores formais.

Por fim, o modelo 5 indica que policiais, bombeiros e seguranças apresentam uma menor chance de contágio pelo vírus na cidade do Recife em 2020, o único caso que difere do caso do Rio de Janeiro evidenciado por [Negri et al. \(2021\)](#), já as demais atividades econômicas mostram de maneira clara que o comércio atacadista e varejista essencial, serviços de informação e comunicação, fabricação de produtos essenciais, atividades de saúde humana e transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio ao transporte foram as atividades que apresentaram relação positiva com o aumento na chance de contrair COVID-19.

Tabela 3 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 em trabalhadores de ocupações e atividades essenciais na Cidade do Recife - modelos *probit* e *probit-IV*

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Intercepto	0.1469*** (0.0252)	-0.2763 (0.2081)	-0.9682*** (0.0723)	-1.9304*** (0.0746)	-1.9543*** (0.0784)	-1.4953*** (0.1512)
<b>Características urbanas</b>						
Distância ao emprego	0.00005 (0.0006)	0.1186*** (0.0356)	0.0002 (0.0018)	0.2397*** (0.0260)	0.2354*** (0.0276)	0.2327*** (0.0281)
<i>floor-area-rate</i> ( <i>FAR</i> )	0.0038** (0.0014)	0.1436*** (0.0474)	0.0108** (0.0039)	0.2977*** (0.0393)	0.2911*** (0.0415)	0.2814*** (0.0437)
<b>Vizinhança</b>						
Domicílios com acesso a rede geral de água	0.0003 (0.0004)	-0.0057*** (0.0020)	0.0009 (0.0011)	-0.0117*** (0.0019)	-0.0115*** (0.0019)	-0.0113*** (0.0020)
Domicílios com banheiro e esgotamento sanitário via rede geral	-0.0148 (0.0204)	0.2858*** (0.0987)	-0.0418 (0.0577)	0.5856*** (0.0933)	0.5729*** (0.0974)	0.5612*** (0.0986)
Densidade demográfica	0.000005 (0.0000)	0.0004*** (0.0001)	0.00002 (0.0000)	0.0009*** (0.0001)	0.0009*** (0.0001)	0.0009*** (0.0001)
<b>Características dos indivíduos</b>						
Condições do indivíduo (comorbidades)	0.0077 (0.0066)	-0.0117 (0.0088)	0.0219 (0.0189)	-0.0019 (0.0168)	-0.0036 (0.0168)	-0.0235*** (0.0165)
Idade	0.0064*** (0.0011)	0.0007 (0.0014)	0.0186*** (0.0031)	0.0083** (0.0036)	0.0088** (0.0036)	0.0016 (0.0029)
<i>Idade</i> <sup>2</sup>	-0.00009*** (0.0000)	-0.000015 (0.0000)	-0.00025*** (0.0000)	-0.00012*** (0.0000)	-0.00012*** (0.0000)	-0.000033 (0.0000)
Homem	0.0219*** (0.0038)	0.0243*** (0.0050)	0.0625*** (0.0110)	0.0359*** (0.0119)	0.0462*** (0.0129)	0.0471*** (0.0128)
Renda	0.0004 (0.0005)	0.00015 (0.0006)	0.0012 (0.0014)	0.0003 (0.0012)	0.0006 (0.0013)	0.0002 (0.0013)
Branco	0.0113** (0.0046)	0.0139** (0.0061)	0.0318** (0.0133)	0.0288** (0.0118)	0.0139 (0.0116)	0.0262** (0.0120)
Ensino fundamental completo	-0.0193 (0.0133)	-0.0275 (0.0172)	-0.05439 (0.0378)	-0.0458 (0.0329)	-0.0543 (0.0333)	-0.0535 (0.0339)
Ensino médio completo	-0.0172* (0.0103)	-0.0114 (0.0135)	-0.0491* (0.0291)	-0.0128 (0.0263)	-0.0290 (0.0273)	-0.0226 (0.0270)
Ensino superior completo ou mais	-0.0485*** (0.0104)	-0.0441*** (0.0135)	-0.1389*** (0.0295)	-0.0718** (0.0304)	-0.0823*** (0.0315)	-0.0870*** (0.0318)
<b>Ocupação dos indivíduos</b>						
Tamanho da Firma	0.0056*** (0.0008)	0.0029** (0.0012)	0.0161*** (0.0022)	0.0059** (0.0029)	0.0064** (0.0030)	0.0059** (0.0021)
Profissional de Saúde	0.1087*** (0.0053)	0.0229*** (0.0075)	0.2946 *** (0.0148)	0.1669*** (0.0378)	0.1364*** (0.0330)	0.0437** (0.0183)
Atendimento ao público	0.0153** (0.0078)	0.0059 (0.0101)	0.0450** (0.0224)	0.0217 (0.0200)	0.0141 (0.0199)	0.01199 (0.0198)
Políciais, bombeiros e seguranças	-0.0060 (0.0091)	-0.0134 (0.0119)	-0.0170 (0.0261)	-0.0059 (0.0227)	-0.0088* (0.0227)	-0.0255 (0.0243)
<b>Atividades econômicas</b>						
Comércio atacadista e varejista essencial		0.0182** (0.0091)			0.0386** (0.0172)	0.0359** (0.0174)
Serviços de informação e comunicação		0.0203 (0.0136)			0.0394 (0.0284)	0.0375 (0.0287)
Fabricação de produtos essenciais		0.0658*** (0.0206)			0.0969** (0.0433)	0.1240*** (0.0454)
Atividades de saúde humana		0.0691*** (0.0073)			0.1771*** (0.0311)	0.1286*** (0.0224)
Transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio para transporte		0.0340** (0.016)			0.0483 (0.0316)	0.0661** (0.0336)
<b>Controles</b>						
Quantidade de testes por pessoa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Antigo trilha dos trens (IV)	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Densidade de Apartamentos (IV)	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Tempo	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
Wald test of exogeneity	-	-	-	41.37***	35.82***	32.16***
F-test	43.60***	41.73***	29.33***	33.47***	112.18***	112.18***
F-First stage	24.51	-	24.51	24.75	25.41	25.41
Durbin (score, chi)		25.3***				
Wu-Hausman (F)		12.65***				
Tests of endogeneity	-	-	13.28***	12.23***	11.31***	11.31***
Observações	66.192	66.192	66.192	66.192	66.192	66.192

Fonte: elaboração própria dos autores. Nível de significância estatística: (\*) $P < 0, 1$ ; (\*\*)  $P < 0, 05$ ; (\*\*\*)  $P < 0, 01$ .

## 4.2 Todas as atividades econômicas com exclusão do período de *lockdown*

A Tabela 4 apresenta os resultados das estimativas para o período de março a dezembro de 2020, excluindo o mês de maio, que foi o período de *lockdown*, para todas as atividades, sejam essenciais ou não,

utilizadas no estudo.

Tabela 4 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores de ocupações e atividades essenciais - modelos *probit* e *probit-IV* - Fora do período de *lockdown*

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Intercepto	-0.618*	-1.918***	-1.963***	-1.935***	-1.935***
	(0.246)	(0.074)	(0.072)	(0.076)	(0.076)
<b>Características urbanas</b>					
Distância ao emprego	0.138**	0.245***	0.245***	0.243***	0.243***
	(0.043)	(0.024)	(0.025)	(0.026)	(0.026)
FAR	0.172**	0.306***	0.306***	0.303***	0.303***
	(0.056)	(0.039)	(0.039)	(0.040)	(0.040)
<b>Vizinhança</b>					
Domicílios com acesso a rede geral de água	-0.00691**	-0.0123***	-0.0123***	-0.0122***	-0.0122***
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
Domicílios com banheiro e esgotamento sanitário via rede geral	0.346**	0.616***	0.613***	0.609***	0.609***
	(0.116)	(0.090)	(0.090)	(0.092)	(0.089)
Densidade demográfica	0.000525**	0.000938***	0.000936***	0.000931***	0.000931***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<b>Características dos indivíduos</b>					
Condições do indivíduo (comorbidades)	-0.00682	-0.0106	-0.0132	-0.0125	-0.0125
	(0.010)	(0.018)	(0.017)	(0.018)	(0.017)
Idade	0.00423**	0.00732*	0.00779*	0.00758*	0.00758*
	(0.002)	(0.004)	(0.004)	(0.004)	(0.004)
<i>Idade</i> <sup>2</sup>	-0.0000580**	-0.000104*	-0.000105*	-0.000104*	-0.000104*
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Homem	0.0214***	0.0297*	0.0316*	0.0378**	0.0378**
	(0.006)	(0.013)	(0.012)	(0.014)	(0.014)
Branca	0.00761	0.0226	0.00925	0.0135	0.0135
	(0.007)	(0.012)	(0.012)	(0.012)	(0.012)
Renda	-0.0000327	-0.000488	0.000491	-0.0000963	-0.0000963
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
Ensino fundamental completo	-0.0371	-0.0592	-0.0677*	-0.0655	-0.0655*
	(0.020)	(0.034)	(0.034)	(0.034)	(0.035)
Ensino médio completo	-0.0128	-0.0113	-0.0232	-0.0228	-0.0228
	(0.015)	(0.027)	(0.027)	(0.028)	(0.027)
Ensino superior completo ou mais	-0.0383**	-0.0551**	-0.0820**	-0.0688**	-0.0688**
	(0.016)	(0.030)	(0.032)	(0.031)	(0.031)
<b>Ocupação</b>					
Tamanho da firma	0.0000253	0.00101	0.00167	0.0000827	0.0000827
	(0.001)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.002)
Policiais, bombeiros e seguranças	-0.00121	-0.0159		-0.00210	-0.00210
	(0.014)	(0.025)		(0.025)	(0.025)
Profissional de Saúde	0.0676***	0.138***		0.112***	0.112***
	(0.009)	(0.036)		(0.031)	(0.030)
Atendimento de caixa e outros	0.0135	0.0341		0.0247	0.0247
	(0.012)	(0.022)		(0.022)	(0.022)
Profissional de nível técnico	-0.0136	-0.0116		-0.0258*	-0.0258*
	(0.008)	(0.014)		(0.016)	(0.015)
Serviços administrativos de supervisores	-0.0124	-0.0270*		-0.0227	-0.0227
	(0.008)	(0.014)		(0.014)	(0.014)
Profissionais da Educação	-0.0311**	-0.0787***		-0.0575**	-0.0575**
	(0.011)	(0.023)		(0.020)	(0.021)
<b>Atividades Econômicas</b>					
Comércio atacadista e varejista essencial	0.0176		0.0415*	0.0322*	0.0323*
	(0.010)		(0.019)	(0.019)	(0.019)
Serviços de informação e comunicação	0.0165		0.0413*	0.0307	0.0307
	(0.016)		(0.030)	(0.030)	(0.030)
Fabricação de produtos essenciais	0.0439		0.0816	0.0766	0.0766
	(0.024)		(0.047)	(0.047)	(0.046)
Atividades de saúde humana	0.0899***		0.191***	0.154***	0.154***
	(0.010)		(0.043)	(0.036)	(0.035)
Administração pública	0.00923		0.0396	0.0190	0.0190
	(0.010)		(0.021)	(0.018)	(0.018)
Transporte de mercadorias, correio e atividades de apoio para transportes	0.0270		0.0516	0.0487	0.0487*
	(0.018)		(0.035)	(0.035)	(0.035)
Atividades de lazer	0.0713*		0.133*	0.127*	0.127*
	(0.032)		(0.056)	(0.056)	(0.058)
Escritórios	-0.00324		-0.00984	-0.00636*	-0.00636
	(0.018)		(0.032)	(0.032)	(0.032)
Alimentação e alojamento	-0.0202		-0.0237	-0.0356	-0.0356
	(0.019)		(0.033)	(0.033)	(0.033)
<b>Controles</b>					
Quantidade de testes por pessoa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Não	Não	Não	Sim	Sim
Antigo trilha dos trens (IV)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Densidade de Apartamentos (IV)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Wald test of exogeneity	-	42.65	42.61 ***	39.92***	41.24***
F-test	43.60***	41.73***	29.33***	33.47***	112.18***
F - First stage	23.01	-	24.51	24.75	25.41
Tests of endogeneity	-	-	13.28***	12.23***	11.31***
Observações	59,197	59,197	59,197	59,197	59,197

Fonte: elaboração própria dos autores. Nível de significância estatística: (\*) $P < 0, 1$ ; (\*\*)  $P < 0, 05$ ; (\*\*\*)  $P < 0, 01$ .

As especificações econométricas apresentadas na Tabela 4 foram as mesmas que a Tabela (3) (com algumas modificações nas variáveis de controles) mostram que as estatísticas referentes aos instrumentos e ao teste de exogeneidade de Wald não apresentaram alterações em termos de significância estatística e sinal esperado. Em linhas gerais, a magnitude do coeficiente e o sinal esperado do *commuting* ao emprego se manteve o mesmo e os resultados da FAR foram ligeiramente maiores do que os apresentados na tabela anterior, controlando por atividades não essenciais. Destaca-se que a FAR apresentou um coeficiente maior, inclusive, do que a distância ao emprego, sugerindo que a transmissão da COVID-19 tem uma probabilidade maior de ocorrer onde o indivíduo mora do que no percurso para o trabalho. Isso indica que mesmo em *home office*, houve um aumento no contágio pela COVID-19 através da transmissão de intensidade construtiva. O que reforça a hipótese de que quanto maior a FAR, maior a chance de contágio, uma grande evidência do estudo.

Quando se considera o amplo conjunto de controles como vizinhança e características individuais os sinais esperados e a magnitude dos coeficientes pouco se alteram. Chamou-se atenção para o fato de indivíduos com comorbidades têm menor chance de contágio, possivelmente devido à adoção de medidas de proteção mais rigorosas. Essas pessoas estão mais conscientes dos riscos associados à sua saúde e tendem a seguir recomendações médicas, como o uso de máscaras e o distanciamento social, além de evitar ambientes de alto risco. Essa conscientização e comportamento preventivo, motivados pela necessidade de preservar sua saúde e reduzir complicações, considerando os alertas feito pela OMS (2020) e as evidências de Bourdin et al. (2021).

Em relação às ocupações, os profissionais de nível técnico e da área de educação apresentaram resultados negativos e estatisticamente significativos, indicando que há menos chance de contágio nessas ocupações, uma vez que esses trabalhadores foram menos expostos ao vírus (NEGRI et al., 2021). As atividades econômicas não essenciais ao funcionamento apresentaram coeficiente negativo, o que era esperado e corroborando com Janiak, Machado e Turén (2021), já que atividades como a educação, por exemplo, migraram para o *home office*, reduzindo a exposição dos professores ao contato com os alunos. Já as atividades relacionadas ao lazer foram estatisticamente significativas e positivas, embora tenham sido restritas pelo governo nos últimos meses de 2020. No entanto, voltaram a funcionar em novembro, que foi um mês de explosão de casos de COVID-19.

Atividades realizadas em escritórios foram estatisticamente significativas apenas no modelo 4, onde, com o sinal negativo, sugerem que a migração dessas atividades para o *home office* reduziu a chance de contágio pelo vírus. Atividades de administração pública e alimentação e alojamento não foram estatisticamente significativas. Portanto, pode-se concluir que as atividades aqui consideradas não essenciais (a presença física nos ambientes de trabalho) tiveram pouca chance de estimular a transmissão do vírus na cidade do Recife. Uma possível explicação para esse resultado é o fato desses trabalhadores terem tido sua rotina alterada devido à volatilidade no contágio, o que pode ter limitado sua exposição ao vírus e reduzido a probabilidade de transmissão. Além disso, as medidas de restrição implementadas pelo governo, como o fechamento de estabelecimentos comerciais e a adoção do *home office*, podem ter contribuído para a diminuição da propagação do vírus entre os trabalhadores nessas atividades não essenciais.

## 5 Heterogeneidades e testes de robustez

A fim de fornecer suporte adicional aos resultados, realizaram-se alguns testes de heterogeneidades e testes de robustez dos resultados. A primeira heterogeneidade diz respeito aos indivíduos com e sem ensino superior e a segunda foi referente à renda do trabalhador, onde a base de dados foi dividida ao meio de acordo com a mediana, então existem trabalhadores com renda menor e maior que a mediana da amostra. Em seguida, foram feitos alguns testes de robustez, com o objetivo de apresentar um suporte adicional aos resultados encontrados. O primeiro diz respeito ao primeiro teste realizado pelo indivíduo e o segundo em investigar os dados referentes ao mês de maio, período de *lockdown* em Recife, e outros pares de meses, por exemplo, abril e maio, maio e junho, abril, maio e junho, entre outros para ver se os resultados se mantêm ou se há alterações.

## 5.1 Heterogeneidades

Nesta subseção, investiga-se em que medida os resultados até aqui obtido são explicados devido exclusivamente a certos grupos sociais, situação em que os mesmos não poderiam ser generalizados para a população como um todo. Devido às suas potenciais importâncias para configuração da cidades, duas diferenciações específicas são consideradas para trabalhadores: por grupos de escolaridade e de renda.

A primeira heterogeneidade explorada refere-se aos diferentes níveis de escolaridade dos trabalhadores. Neste sentido, é possível conjecturar que profissionais com ensino superior podem apresentar melhores condições para minimizar as chances de contágio pelo vírus, dado caráter mais abstrato de suas tarefas. Por exemplo, médicos em geral tendem a ter contatos menos duradouros com pacientes que técnicos de saúde. Além disto e mais particularmente, dado que a configuração espacial das profissões de atividades essenciais na cidade se caracteriza por forte concentração espacial no segmento de saúde nas localidades mais centrais da cidade (LOPES et al. 2019) e que tal área específica apresenta em média mais trabalhadores mais escolarizados, não se pode descartar que as evidências obtidas reflitam condições específicas da dinâmica de contaminação pelo vírus de subgrupos de trabalhadores com determinada escolaridade.

Este exercício adicional foi levado a efeito a partir da estimação de quatro regressões para cada grupo de escolaridade, profissionais com ensino superior e os profissionais sem ensino superior completo, refletindo diferentes níveis de controles considerados. A Tabela 5, a seguir, apresenta as regressões para trabalhadores com ensino superior completo (regressões de 1 a 4) e sem ensino superior completo (regressões de 5 a 8).

Tabela 5 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores de ocupações e atividades essenciais - modelos *probit* e *probit-IV* - Trabalhadores com e sem ensino superior completo

	Com ensino superior completo				Sem ensino superior completo			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Intercepto	-1.896*** (0.0929)	-1.963*** (0.0995)	-1.959*** (0.0982)	-1.637*** (0.1356)	-1.680*** (0.3213)	-1.757*** (0.3073)	-1.693*** (0.3204)	-1.211*** (0.3579)
<i>floor-area-rate</i> ( <i>FAR</i> )	0.324*** (0.0309)	0.322*** (0.0307)	0.318*** (0.0329)	0.309*** (0.0371)	0.157 (0.1097)	0.163 (0.1080)	0.159 (0.1091)	0.183* (0.1017)
Distância ao emprego	0.287*** (0.0158)	0.286*** (0.0161)	0.285*** (0.0172)	0.281*** (0.0199)	0.125* (0.0743)	0.131* (0.0729)	0.127* (0.0739)	0.146** (0.0675)
<b>Controles</b>								
Características dos trabalhadores	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Vizinhança	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Firmas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ocupação	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Atividades Econômicas	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Número de testes por pessoa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Comorbidades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tempo	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
Observações	31.524	31.524	31.524	31.524	34.668	34.668	34.668	34.668

Fonte: elaboração própria dos autores.

Notas: As regressões 1 e 5 referem-se as características dos trabalhadores, vizinhança, firmas, número de testes por pessoa, comorbidades e ocupação do trabalhador (CBO). Já as regressões 2 e 6 analisam as mesmas características com exceção da ocupação, e incluem as atividades econômicas (CNAE). Em 3 e 7 tanto ocupação quanto atividades econômicas foram incluídas nas regressões e, por fim, 4 e 8 apresentam todos os controles inclusive o efeito fixo de tempo.; Nível de significância estatística: \*P <0,1; \*\*P <0,05; \*\*\*P <0,01.

Os resultados apresentados para os trabalhadores com ensino superior são próximos aos resultados gerais dos estudos. Isso, em parte, pode ser justificado pelo fato de que esses profissionais tendem a fazer mais testes do que os demais dado que profissionais com ensino superior completo tendem a ter mais renda do que quem não tem ensino superior completo e em alguns casos são mais expostos como é o caso de médicos. Além disso, as principais variáveis de interesse foram positivas e estatisticamente significantes. A FAR apresentou coeficientes mais elevados do que a distância ao emprego, concomitante a isso, sinaliza que pessoas com ensino superior ao morar em lugares com alta intensidade construtiva o que aumentam as chances de contágio.

Os trabalhadores sem ensino superior completo apresentam uma chance menor de contágio pela COVID-19 em termos de distância ao emprego, dado que o coeficiente de distância foi menor, positivo e estatisticamente significativo em pelo menos 10% nas três primeiras regressões que consideram o CBO, as atividades econômicas e ambos. Quando se considera na quarta regressão a *dummy* de tempo (mês que se realizou o teste) esse coeficiente é significativo ao nível de 5%. Em relação a FAR, esta não foi estatisticamente

significante nas três primeiras regressões, apenas na última ao nível de 10%, sinalizando que a FAR não é um determinante forte na explicação de contágio pela COVID-19 para trabalhadores sem ensino superior completo.

A segunda heterogeneidade explorada foca diretamente nos níveis de renda. Como mostraram [Oliveira e Silveira Neto \(2016\)](#), a cidade do Recife é altamente espacialmente segregada por renda, com mais ricos (pobres) localizando-se em lugares mais (menos) amenos (praia, rio e praças) e relativamente próximos (distantes) ao CBD. Adicionalmente, tal parcela mais rica na cidade também tende morar relativamente mais apartamentos do que em casas, o que afeta diretamente a medida de intensidade construtiva utilizada na pesquisa (FAR do lote). Dadas então as fortes diferenciações por renda no *commuting* diário e na FAR, a despeito dos controles utilizados nas regressões e das IVs, não se pode descartar, então, que nossas evidências reflitam dinâmicas de contaminação pelo vírus específicas associadas a grupos de renda.

Para este exercício, mais especificamente, são analisados os resultados a partir de dois grupos de renda, tendo a mediana desta como elemento definidor do grupos das observações. As novas estimativas são apresentadas a partir da Tabela 6, a seguir.

Tabela 6 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores de ocupações e atividades essenciais - modelos *probit* e *probit-IV* - Grupo de trabalhadores segundo a renda

	Renda superior à mediana				Renda inferior à mediana			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Intercepto	-1.801*** (0.1093)	-1.903*** (0.1076)	-1.883*** (0.1106)	-1.372*** (0.1803)	-1.928*** (0.3153)	-2.023*** (0.2306)	-1.941*** (0.2982)	-1.569*** (0.3947)
<i>floor-area-rate</i> (FAR)	0.286*** (0.0372)	0.282*** (0.0380)	0.276*** (0.0397)	0.265*** (0.0428)	0.237 (0.1611)	0.254* (0.1460)	0.244 (0.1557)	0.261* (0.1354)
Distância ao emprego	0.254*** (0.0228)	0.250*** (0.0239)	0.249*** (0.0247)	0.246*** (0.0256)	0.189* (0.1072)	0.203* (0.0952)	0.193* (0.1033)	0.206* (0.0879)
<b>Controles</b>								
Características dos trabalhadores	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Vizinhança	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Firmas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ocupação	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Atividades Econômicas	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Número de testes por pessoa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Comorbidades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tempo	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim
Observações	33.181	33.181	33.181	33.181	33.011	33.011	33.011	33.011

Fonte: elaboração própria dos autores.

Notas: As regressões a seguir, seguem o mesmo padrão da Tabela 5, nesse caso de 1 a 4 são regressões estimadas para indivíduos de renda superior a mediana e de 5 a 8 de renda inferior a mediana. Com 33.181 observações para trabalhadores de renda igual ou superior a mediana e 33.011 observações para trabalhadores com renda inferior a mediana. Nível de significância estatística: \*P <0,1; \*\*P <0,05; \*\*\*P <0,01.

Os trabalhadores com renda maior apresentam mais chances de contágio pela COVID-19 tanto pela distância ao emprego quanto pela FAR. Logo a intensidade construtiva e a distância ao emprego importam. O coeficiente de distância e FAR variou pouco em relação aos resultados principais do estudo. Quando se considera os trabalhadores com renda menor que a vizinhança, a FAR só é estatisticamente significativa na regressão 6 e 8, isto é, quando controlados pelas atividades econômicas e na regressão geral (CBO e CNAE) com o efeito fixo de tempo, é razoável supor que o contágio pode estar associado a uma dinâmica do mercado de trabalho quando se analisa os trabalhadores com renda inferior a mediana e, assim, determinadas características do emprego tornam o indivíduo mais propenso ao contágio. Em termos de distância, esta foi estatisticamente significativa e positiva, demonstrando que há maior exposição devido à distância ao trabalho gera aumento no contágio.

## 5.2 Robustez

### 5.2.1 Amostra com apenas resultado do primeiro teste

Esse exercício permite utilizar apenas o primeiro teste realizado para os indivíduos, Ou seja, trabalhadores que fizeram mais de um teste ao longo de 2020, muitas vezes, em virtude da profissão, como é o caso dos profissionais de saúde, atendentes de supermercado entre outros, ou mesmo aqueles trabalhadores que se expõe menos, mas tem algum tipo de comorbidades preexistente e, por conta disso, fazem mais testes que os demais em sua área de trabalho. Motivados por uma medida de controle de resultados mais confiáveis, as estimações seguem o padrão das anteriores, nesse caso, foram feitas quatro regressões com esses dados.



Os resultados se mantêm, inclusive com coeficientes similares aos obtidos anteriormente. O que reforça que mesmo contabilizando os dados para pessoas que fizeram mais de um teste, os resultados não mudam tanto, o que os tornam robustos.

Tabela 7 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores de ocupações e atividades essenciais - modelos *probit* e *probit-IV* - Primeiro teste feito pelos trabalhadores

	1	2	3	4
Intercepto	-1.885*** (0.1578)	-1.950*** (0.1493)	-1.933*** (0.1551)	-1.558*** (0.1871)
<i>floor-area-rate</i> ( <i>FAR</i> )	0.237** (0.0764)	0.235** (0.0764)	0.234** (0.0771)	0.268*** (0.0585)
Distância ao emprego	0.215*** (0.0522)	0.213*** (0.0525)	0.213*** (0.0528)	0.238*** (0.0375)
<b>Controles</b>				
Características dos trabalhadores	Sim	Sim	Sim	Sim
Vizinhança	Sim	Sim	Sim	Sim
Firmas	Sim	Sim	Sim	Sim
Ocupação	Sim	Não	Sim	Sim
Atividades Econômicas	Não	Sim	Sim	Sim
Número de testes por pessoa	Não	Não	Não	Não
Comorbidades	Sim	Sim	Sim	Sim
Tempo	Não	Não	Não	Sim
Observações	54.937	54.937	54.937	54.937
Wald	8.67***	8.58***	8.48***	16.51***

Fonte: elaboração própria dos autores.

Notas: A primeira regressão 1 refere-se as características dos trabalhadores, vizinhança, firmas, número de testes por pessoa, comorbidades e ocupação do trabalhador (CBO). Já a segunda regressão analisa as mesmas características com exceção da ocupação do trabalhador, e incluem as atividades econômicas (CNAE). Na terceira, tanto ocupação quanto atividades econômicas foram incluídas nas regressões e, por fim, a quarta estima com erro padrão robusto e efeito fixo de tempo;

Nível de significância estatística: \*P <0,1; \*\*P <0,05; \*\*\*P <0,01.

De modo geral não houve muita alteração na magnitude dos coeficientes, nem alteração sinal esperado e nem das significâncias das variáveis FAR e distância de *commuting* ao emprego, o que fornece um subsídio adicional aos resultados do estudo.

### 5.2.2 Período de *lockdown* na cidade do Recife e outros pares de meses

Para verificar o comportamento do contágio da COVID-19 no período de *lockdown*, foram estimadas algumas regressões específicas. O mês mais rígido, em termos de isolamento social, foi o mês de maio, e coincide com o mês em que a prefeitura da cidade do Recife e o Governo do Estado de Pernambuco estabeleceram Decreto Nº 49.017, de 11 de maio de 2020. Que dispõe sobre intensificação de medidas restritivas, de caráter excepcional e temporário, voltadas à contenção da curva de disseminação da COVID-19. Posto isto, estimou-se uma regressão considerando apenas os resultados dos testes realizados em maio, e em seguida a pares de meses. Esse exercício é motivado, em partes, para robustez dos resultados referentes as ocupações, atividades econômicas e, principalmente, as variáveis de interesse como distância ao emprego e FAR. Além disso, é essencialmente motivado para verificar se houve alterações nos parâmetros, na significância dos resultados e no sinal esperado.

Corroborando com os resultados principais, pode-se notar que o mês de maio, período de *lockdown* em Recife e em Pernambuco, onde o estado teve as maiores taxas de isolamento, a FAR e a distância ao emprego não foram estatisticamente significantes, nos demais meses todas foram estaticamente significantes e poucos se alterou em termos de coeficiente, o destaque maior é para as regressões 5 e 6. Contudo, esperava-se que a FAR fosse pelo menos significante, considerando que as pessoas em suas residências poderiam contribuir para transmissão do vírus nessas localidades. Mas nota-se que esses dois canais de transmissão foram um tanto “freados” nesse período.

Em maio e junho a FAR também não foi estatisticamente significante e a distância foi significante ao nível de 10%. Ao considerar as bandas de março-julho e abril-junho os resultados não se alteraram em termos

de sinal e significância, o coeficiente pouco se alterou das variáveis de interesse, o que mostra que efetivamente maio foi um período diferenciado em termos de contágio pelas variáveis em análise, entre os trabalhadores formais que fizeram testes. Na regressão 8, ao excluir os testes do mês de maio da amostra, é possível notar que os resultados são similares ao verificado anteriormente. Esse resultado sugere que a doença teve maior poder de contágio sem as medidas de controle da mobilidade urbana no Estado. Marino e Menezes-Filho (2023) concluem que a impacto de políticas restritivas de distanciamento social sobre isolamento em São Paulo aumentou o isolamento social uma semana após sua adoção, diminuiu os casos a partir de duas semanas, reduziu as mortes a partir de quatro semanas e não teve impactos significativos no emprego. O que vai de encontro com os resultados do índice de isolamento social do estado e eficácia da medida de *lockdown* na cidade do Recife.

Tabela 8 – Características urbanas e probabilidade de contágio pela COVID-19 na cidade do Recife entre os trabalhadores de ocupações e atividades essenciais - modelos *probit* e *probit-IV* - Testagem por meses

	1	2	3	4	5	6	7	8
Intercepto	-1.4553 *** (0.3249)	-0.7170 (0.7942)	-0.7906* (0.4115)	-1.4485 *** (0.2385)	-1.7758*** (0.1275)	-1.7073*** (0.1737)	-1.8074*** (0.2303)	-1.9623*** (0.0682)
<i>floor-area-rate</i> ( <i>FAR</i> )	0.2946** (0.0973)	0.2040 (0.1751)	0.0894 (0.1215)	0.2205** (0.0869)	0.3126*** (0.0624)	0.4146*** (0.0450)	0.2129* (0.1113)	0.2100*** (0.0404)
Distância ao emprego	0.2209*** (0.0542)	0.1714 (0.1210)	0.1191* (0.0718)	0.1870*** (0.0448)	0.2305*** (0.0317)	0.2932*** (0.0105)	0.1807*** (0.0472)	0.2438*** (0.0263)
<b>Controles</b>								
Características dos trabalhadores	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Vizinhança	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Firmas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ocupação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Atividades Econômicas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Número de testes por pessoa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Comorbidades	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	10.296	6.995	12.700	16.001	23.704	9.580	9.006	59.197

Fonte: elaboração própria dos autores.

Notas: As regressões apresentadas na Tabela 10 considera em (1) os meses de abril e maio, (2) apenas maio, (3) maio-junho, (4) abril-maio-junho, (5) abril-maio-junho-julho. Foram feitas regressões considerando bandas em torno do mês de maio, mês de *lockdown*, por exemplo, considere (6) março-julho e (7) abril-junho e (8) todos os meses exceto maio. Aqui todas as regressões consideram o conjunto de controle completo como as características dos trabalhadores, vizinhança, firmas, número de testes por pessoa, comorbidades, ocupação do trabalhador e as atividades econômicas (CBO e CNAE); Nível de significância estatística: \*P <0,1; \*\*P <0,05; \*\*\*P <0,01.

Portanto, a ideia central do artigo foi analisar os efeitos do *commuting* ao trabalho e da intensidade construtiva na contaminação por COVID-19 na cidade do Recife, bem como a dinâmica do mercado de trabalho durante o *lockdown*. É importante notar que não há estudos na literatura que analisem essa causalidade, somente como a COVID-19 afetou a mobilidade urbana e outras características urbanas. De acordo com Negri et al. (2021), trabalhadores empregados em estabelecimentos dos setores de saúde e segurança pública apresentam um risco de morte 2,46 e 2,25 vezes maior, respectivamente, do que aqueles empregados em outras atividades. Algo semelhante foi encontrado em relação à chance de contágio desses trabalhadores formais em Recife. Além disso, pessoas não brancas, homens e aqueles que trabalham na Região Metropolitana do Rio de Janeiro também têm uma maior probabilidade de morrer de COVID-19. Por outro lado, pessoas com ensino superior têm 44% menos chances de morrer da doença.

## 6 Conclusões

A literatura de economia urbana ainda não trouxe evidências sólidas da relação causal de como a mobilidade urbana e outras características das cidades afetam a chance de contaminação pelo vírus da COVID-19. No caso brasileiro, as principais pesquisas até o momento incluem consideraram as chance de contágio por meio de características do mercado de trabalho nas cidades e o efeito do *lockdown*.

Este estudo pretende contribuir para a melhor relação entre o ambiente urbano e contágio pela COVID-19 analisando a influência da duração do *commuting* diário e a densidade de domiciliar local. Valendo-se de dados oficiais da Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco, em conjunto com informações da RAIS/MTE, foi possível a identificação da localidade de residência e trabalho dos indivíduos e, portanto, a construção das duas variáveis de interesse. Para evitar qualquer viés relacionado às decisões simultâneas de localização de trabalhadores e empresas dentro da cidade, é necessário contar com hipóteses de identificação robustas, pois os resultados estão condicionados a essas premissas fundamentais. A inclusão de instrumentos

permitiram controlar a potencial simultaneidade entre as variáveis de interesse e a variável de resposta. A densidade de apartamentos por setor censitário em 2000 guarda relação direta com a FAR do período mais recente. Ao passo que, o trajeto dos trilhos imperiais, do século XIX, moldou as principais características viárias atuais da cidade do Recife.

Os resultados da pesquisa indicam que as características urbanas têm impacto na propagação da COVID-19 no Recife. O *commuting* dos trabalhadores e o tipo de residência foram identificados como canais de transmissão que aumentam a probabilidade de contágio. Isto é, maior distância até o trabalho e maior densidade construtiva no lote residencial estão relacionados a um maior risco de contrair a doença. Durante o *lockdown* de maio de 2020, observou-se uma eficácia no controle da transmissão entre os trabalhadores formais, exclusivamente pelos canais investigados. Os dados também mostraram que características individuais, ocupações e atividades econômicas essenciais têm influência na probabilidade de contágio. Homens brancos, empregados em empresas com um grande número de funcionários e com maior idade e renda, têm uma maior chance de contágio em comparação a outros grupos. Por outro lado, trabalhadores com maior nível de escolaridade apresentaram uma menor probabilidade de contágio. Esses resultados indicam que alguns grupos populacionais são mais vulneráveis à pandemia de COVID-19 e que as condições socioeconômicas individuais desempenham um papel fundamental na probabilidade de morte pela doença.

Para futuras extensões da pesquisa, será importante investigar outros canais de transmissão do vírus e considerar esses fatores no desenho das políticas de prevenção a serem adotadas. No entanto, uma das limitações do estudo está ao considerar apenas os trabalhadores formais e não captar como essas variáveis de interesse afetaram a chance de contágio de trabalhadores informais, já que estes não são considerados pelo banco de dados utilizado. Além disso, é importante analisar a dinâmica do mercado de trabalho como um todo na RMR e não apenas em Recife. No entanto, essa é outra limitação do estudo, considerando que não há dados da FAR para os municípios vizinhos a Recife.

## Referências

- ALMAGRO, M. et al. Disparities in covid-19 risk exposure: Evidence from geolocation data. *NYU Stern School of Business Forthcoming*, 2021. [11](#)
- ALMAGRO, M.; ORANE-HUTCHINSON, A. Jue insight: The determinants of the differential exposure to covid-19 in new york city and their evolution over time. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, p. 103293, 2020. [8](#)
- BARBOSA, M. R. d. M.; SILVEIRA NETO, R. d. M. Adensamento urbano como condicionante da mobilidade: o caso da região metropolitana do recife. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 11, n. 2, p. 233–250, 2017. [3](#)
- BOURDIN, S. et al. Does lockdown work? a spatial analysis of the spread and concentration of covid-19 in italy. *Regional Studies*, Taylor & Francis, v. 55, n. 7, p. 1182–1193, 2021. [2](#), [14](#)
- BRUECKNER, J. K. *Lectures on urban economics*. [S.l.]: MIT press, 2011. [5](#)
- CARDOSO, A. L. R.; ALBUQUERQUE, M. Z. A. de. Patrimônio ferroviário e urbanização em pernambuco, brasil. *PatryTer*, Universidade de Brasília, v. 3, n. 6, p. 66–80, 2020. [6](#)
- CARVALHO, J. et al. the relationship between covid-19 confinement, psychological adjustment, and sexual functioning, in a sample of portuguese men and women. *The Journal of Sexual Medicine*, Oxford University Press, v. 18, n. 7, p. 1191–1197, 2021. [2](#)
- CERQUA, A.; LETTA, M. Local inequalities of the covid-19 crisis. *Regional science and urban economics*, Elsevier, v. 92, p. 103752, 2022. [2](#)
- DESMET, K.; WACZIARG, R. Jue insight: Understanding spatial variation in covid-19 across the united states. *Journal of urban economics*, Elsevier, p. 103332, 2021. [2](#)

- DUARTE, L. B. Acessibilidade ao emprego e resultados no mercado de trabalho. Universidade Federal de Pernambuco, 2020. [3](#), [6](#)
- GLAESER, E. L.; GORBACK, C.; REDDING, S. J. Jue insight: How much does covid-19 increase with mobility? evidence from new york and four other us cities. *Journal of urban economics*, Elsevier, v. 127, p. 103292, 2022. [2](#)
- HADDAD, E. A.; BARUFI, A. M. B. From rivers to roads: Spatial mismatch and inequality of opportunity in urban labor markets of a megacity. *Habitat International*, Pergamon, v. 68, p. 3–14, 2017. [6](#)
- JANIAK, A.; MACHADO, C.; TURÉN, J. Covid-19 contagion, economic activity and business reopening protocols. *Journal of economic behavior & organization*, Elsevier, v. 182, p. 264–284, 2021. [11](#), [14](#)
- LIMA, R. C. d. A.; SILVEIRA NETO, R. d. M. Zoning ordinances and the housing market in developing countries: Evidence from brazilian. *Journal of Housing Economics*, Elsevier, v. 46, p. 101653, 2019. [2](#)
- LIU, S.; SU, Y. The impact of the covid-19 pandemic on the demand for density: Evidence from the us housing market. *Economics letters*, Elsevier, v. 207, p. 110–150, 2021. [2](#)
- MARINO, A. K.; MENEZES-FILHO, N. Lockdown and covid-19: Brazilian evidence. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 53, n. 2, p. 217–256, 2023. [18](#)
- MITZE, T.; KOSFELD, R. The propagation effect of commuting to work in the spatial transmission of covid-19. *Journal of geographical systems*, Springer, v. 24, n. 1, p. 5–31, 2022. [2](#)
- MUTAMBUDZI, M. et al. Occupation and risk of severe covid-19: prospective cohort study of 120 075 uk biobank participants. *Occupational and Environmental Medicine*, BMJ Publishing Group Ltd, v. 78, n. 5, p. 307–314, 2021. [2](#)
- NEGRI, F. D. et al. Socioeconomic factors and the probability of death by covid-19 in brazil. *Journal of Public Health*, Oxford University Press, v. 43, n. 3, p. 493–498, 2021. [7](#), [9](#), [11](#), [14](#), [18](#)
- OLIVEIRA, T. G.; SILVEIRA NETO, R. d. M. Segregação residencial na cidade do recife: um estudo da sua configuração. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, v. 9, n. 1, p. 71–92, 2016. [2](#), [16](#)
- OMS. Naming the coronavirus disease (covid-19) and the virus that causes it. *Brazilian Journal Of Implantology And Health Sciences*, v. 2, n. 3, 2020. [1](#), [2](#), [14](#)
- PAEZ, A. et al. A spatio-temporal analysis of the environmental correlates of covid-19 incidence in spain. *Geographical analysis*, Wiley Online Library, v. 53, n. 3, p. 397–421, 2021. [2](#)
- PERO, V.; STEFANELLI, V. A questão da mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, SciELO Brasil, v. 19, p. 366–402, 2015. [2](#)
- RODRIGUES, F. A. C.; SILVEIRA NETO, R. M.; MIRANDA, F. Identificação de subcentros de emprego nas regiões metropolitanas brasileiras. In: *47°ANPEC*. São Paulo, Brasil: [s.n.], 2019. p. 1–20. [4](#), [6](#)
- ROSENTHAL, S. S.; STRANGE, W. C.; URREGO, J. A. Jue insight: Are city centers losing their appeal? commercial real estate, urban spatial structure, and covid-19. *Journal of Urban Economics*, Elsevier, p. 103–381, 2021. [2](#), [11](#)
- SI, D.-K. et al. The risk spillover effect of the covid-19 pandemic on energy sector: Evidence from china. *Energy economics*, Elsevier, v. 102, p. 105–498, 2021. [2](#)
- STOCK, J. H.; WRIGHT, J. H.; YOGO, M. A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments. *Journal of Business & Economic Statistics*, Taylor & Francis, v. 20, n. 4, p. 518–529, 2002. [9](#)
- WANG, D. et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in wuhan, china. *Jama*, American Medical Association, v. 323, n. 11, p. 1061–1069, 2020. [2](#)