



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS, ESTRATÉGIAS E
DESENVOLVIMENTO

Steffany Costa Jardim

**ENTRE OPORTUNIDADES E DESIGUALDADES: EFEITOS DA DIGITALIZAÇÃO
SOBRE A OCUPAÇÃO E RENDIMENTOS NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

Rio de Janeiro
2026

Steffany Costa Jardim

**ENTRE OPORTUNIDADES E DESIGUALDADES: EFEITOS DA DIGITALIZAÇÃO
SOBRE A OCUPAÇÃO E RENDIMENTOS NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, na área Desigualdades, Políticas de Bem-Estar e Capacidades Estatais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Orientador(a): Valéria Lúcia Pero

Rio de Janeiro
2026

FICHA CATALOGRÁFICA

C837e Costa Jardim, Steffany
ENTRE OPORTUNIDADES E DESIGUALDADES: EFEITOS DA
DIGITALIZAÇÃO SOBRE A OCUPAÇÃO E RENDIMENTOS NO
MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO / Steffany Costa
Jardim. -- Rio de Janeiro, 2026.
121 f.

Orientadora: Valéria Lúcia Pero.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de
Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e
Desenvolvimento, 2026.

1. Digitalização. 2. Mercado de Trabalho. 3.
Desigualdade. 4. Propensity Score Matching (PSM).
5. Políticas Públicas. I. Lúcia Pero, Valéria,
orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

Steffany Costa Jardim

**ENTRE OPORTUNIDADES E DESIGUALDADES: EFEITOS DA DIGITALIZAÇÃO
SOBRE A OCUPAÇÃO E RENDIMENTOS NO MERCADO DE TRABALHO
BRASILEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, na área Desigualdades, Políticas de Bem-Estar e Capacidades Estatais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Orientador(a): Valéria Lúcia Pero

Aprovada em: 24/03/2026.

Prof^ª. Dr^ª. Valéria Lúcia Pero – Orientadora – PPED – IE – UFRJ

Prof. Dr. João Felipe Cury Marinho Mathias – PPED – IE – UFRJ

Prof^ª. Dr^ª. Danielle Carusi Machado – PPGE - UFF

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação só foi possível graças ao apoio e ao suporte de pessoas e instituições que, de diferentes formas, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Em primeiro lugar, agradeço àquela que é a razão de eu estar aqui e quem mais me dá forças: aquela que sempre acreditou no meu potencial, muitas vezes mais do que eu mesma, e que, desde que me entendo por gente, ressaltou a importância da educação na vida de uma pessoa e, em especial, na independência de uma mulher. Minha querida mãe, professora, amiga e incentivadora, nada disso seria possível sem o seu esforço e dedicação, e sem os inúmeros momentos em que você se desdobrou para que suas filhas pudessem buscar e realizar os seus sonhos.

Às minhas irmãs amadas, que sempre me incentivaram e são um motor para que eu continue me dedicando e me esforçando, mesmo diante das adversidades: tudo o que eu faço é por vocês.

Aos meus queridos amigos, que sempre fizeram questão de me enaltecer, que me ofereceram seus ombros nos momentos em que demonstrei fragilidade e que trocaram experiências comigo, dando-me conselhos fundamentais ao longo da jornada do mestrado.

À minha orientadora, professora Valéria Pero, pelos ensinamentos em sala de aula, pela orientação, pelo apoio na elaboração deste trabalho e pela disponibilidade em todos os momentos em que precisei de ajuda. À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento (PPED), agradeço pela oportunidade de realização deste mestrado, bem como pelo suporte institucional.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pela estrutura e pela dedicação incessante ao fomento da ciência neste país. Tornar-me mestre por esta Universidade é a concretização de um sonho. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro que viabilizou minha entrada e permanência no mestrado acadêmico.

E, por fim, mas não menos importante, a Deus, que me deu força, me guiou até aqui e me faz ter, mesmo em meio às incertezas, a certeza de que estou trilhando o caminho certo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este sonho se tornasse realidade, deixo os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

JARDIM, Steffany Costa. **Entre oportunidades e desigualdades: efeitos da digitalização sobre a ocupação e rendimentos no mercado de trabalho brasileiro**. Rio de Janeiro, 2026. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2026.

A digitalização consolidou-se como um dos principais motores de transformação econômica e social, com impactos particularmente relevantes sobre o mercado de trabalho. Esse fenômeno é especialmente relevante no contexto brasileiro, marcado por elevada heterogeneidade educacional e forte presença de trabalhadores no setor informal. Nesse sentido, esta dissertação investiga os efeitos do uso produtivo de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), especificamente computador e internet, sobre a inserção e os rendimentos dos trabalhadores brasileiros entre 2016 e 2023, analisando também como esses efeitos se diferem por nível de qualificação e formalidade da ocupação. O estudo utiliza microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC) e aplica o método *Propensity Score Matching* (PSM), que permite estimar os efeitos causais ao comparar indivíduos digitalizados e não digitalizados com características observáveis semelhantes. Os resultados indicaram que a digitalização exerce impacto positivo e estatisticamente significativo tanto sobre a probabilidade de ocupação quanto sobre os rendimentos. Em média, indivíduos digitalizados apresentam probabilidade de ocupação 2,3 pontos percentuais maior e rendimentos 38% superiores em relação a não digitalizados comparáveis. A análise estratificada revelou efeitos mais intensos entre trabalhadores de baixa qualificação, com diferencial de 3,3 p.p. na probabilidade de ocupação e 68% nos rendimentos. Para os de média qualificação, os efeitos foram de 2,4 p.p. na ocupação e 35% nos rendimentos, enquanto para os de alta qualificação o impacto foi menor sobre a ocupação (0,9 p.p.) e semelhante sobre os rendimentos (35%). No que se refere à formalidade, o prêmio salarial associado à digitalização foi mais expressivo no mercado informal (49%) do que no formal (26%). Os resultados sugerem que, no contexto brasileiro, a digitalização pode ampliar oportunidades e reduzir barreiras estruturais, especialmente para grupos mais vulneráveis. Contudo, esses efeitos dependem de políticas de inclusão digital, que deve ir além do acesso físico, garantindo capacitação e desenvolvimento de habilidades digitais em diferentes níveis.

Palavras-chave: Digitalização; Mercado de trabalho; Qualificação; Informalidade; Propensity Score Matching; Desigualdade; Políticas Públicas.

ABSTRACT

JARDIM, Steffany Costa. **Between opportunities and inequalities: effects of digitalization on employment and earnings in the Brazilian labor market.** Rio de Janeiro, 2026. Master's Dissertation (Public Policies, Strategies and Development) – Institute of Economics, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2026.

Digitalization has consolidated itself as one of the main drivers of economic and social transformation, with particularly significant impacts on the labor market. This phenomenon is especially relevant in the Brazilian context, characterized by high educational heterogeneity and a strong presence of workers in the informal sector. In this regard, this dissertation investigates the effects of the productive use of Information and Communication Technologies (ICTs), specifically computers and the internet, on labor market participation and earnings of Brazilian workers between 2016 and 2023, also examining how these effects differ by skill level and employment formality. The study uses microdata from the Continuous National Household Sample Survey (PNADC) and applies the *Propensity Score Matching* (PSM) method to estimate causal effects by comparing digitalized and non-digitalized individuals with similar observable characteristics. The results indicate that digitalization has a positive and statistically significant impact on both the probability of employment and earnings. On average, digitalized individuals exhibit a 2.3 percentage point higher probability of employment and earn 38% more than comparable non-digitalized individuals. The stratified analysis reveals stronger effects among low-skilled workers, with a 3.3 percentage point increase in employment probability and a 68% earnings differential. For medium-skilled workers, the effects amount to 2.4 percentage points in employment and 35% in earnings, while for high-skilled workers the impact is smaller on employment (0.9 percentage points) and similar on earnings (35%). Regarding employment formality, the wage premium associated with digitalization is more pronounced in the informal sector (49%) than in the formal sector (26%). The findings suggest that, in the Brazilian context, digitalization can expand opportunities and reduce structural barriers, particularly for more vulnerable groups. However, these effects depend on digital inclusion policies that go beyond physical access, ensuring training and the development of digital skills at different levels.

Keywords: Digitalization; Labor Market; Skill Level; Informality; Propensity Score Matching; Inequality; Public Policy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Progresso Técnico e Prêmio Salarial	28
Figura 2 - Teste de suporte comum.....	77
Figura 3 - Teste de suporte comum - Alta Qualificação	111
Figura 4 - Teste de suporte comum - Média Qualificação.....	113
Figura 5 - Teste de suporte comum - Baixa Qualificação	116
Figura 6 - Teste de suporte comum – Mercado Formal.....	119
Figura 7 - Teste de suporte comum – Mercado informal.....	121

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese das evidências empíricas para países desenvolvidos	39
Quadro 2 - Síntese das evidências empíricas para países em desenvolvimento.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis utilizadas no <i>Propensity Score Matching</i> para a análise da ocupação	59
Tabela 2 – Variáveis utilizadas no <i>Propensity Score Matching</i> para a análise de rendimentos	62
Tabela 3 - Acesso e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no Brasil	68
Tabela 4 - Proporção de indivíduos digitalizados na amostra	69
Tabela 5 - Perfil Amostral: Não Digitalizados vs. Digitalizados	71
Tabela 6 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização	74
Tabela 7 - Teste de balanceamento das covariáveis	76
Tabela 8 - Distribuição das observações da amostra de ocupação segundo a condição de suporte comum	78
Tabela 9 - Efeito médio da digitalização sobre a ocupação	78
Tabela 10 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação	80
Tabela 11 - Distribuição das observações da amostra de rendimentos segundo a condição de suporte comum	81
Tabela 12 – Efeito médio da digitalização sobre o rendimento no mercado de trabalho	82
Tabela 13 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos	83
Tabela 14 - Efeito da digitalização sobre a ocupação estratificado por nível de qualificação .	86
Tabela 15 - Efeito da digitalização sobre o rendimento por nível de qualificação	89
Tabela 16 - Efeito da digitalização sobre o rendimento no mercado formal	95
Tabela 17 - Efeito da digitalização sobre o rendimento no mercado informal	95
Tabela 18 - Modelo ampliado do escore de propensão para a análise de rendimentos	108
Tabela 19 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Alta Qualificação	109
Tabela 20 - Teste de balanceamento do pareamento - Alta Qualificação	110
Tabela 21 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Alta Qualificação	111
Tabela 22 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Alta Qualificação	111
Tabela 23 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Média Qualificação	112
Tabela 24 - Teste de balanceamento do pareamento - Média Qualificação	112
Tabela 25 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Média Qualificação	113
Tabela 26 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Média Qualificação	114
Tabela 27 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Baixa Qualificação	114
Tabela 28 - Teste de balanceamento do pareamento - Baixa Qualificação	115
Tabela 29 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Baixa Qualificação	116

Tabela 30 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Baixa Qualificação.....	116
Tabela 31 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Mercado Formal.	117
Tabela 32 - Teste de balanceamento do pareamento - Mercado Formal	117
Tabela 33 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Mercado formal	119
Tabela 34 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Mercado informal	119
Tabela 35 - Teste de balanceamento do pareamento – Mercado Informal	120
Tabela 36 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Mercado informal	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 ASPECTOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS	20
2.1 Digitalização: conceitos, contexto global e brasileiro	20
2.2 Como a digitalização afeta o mercado de trabalho	23
2.3 Fundamentos Teóricos: Mudanças Tecnológicas e Estrutura do Mercado de Trabalho	27
2.4 Evidências Empíricas	32
2.4.1 Estudos realizados para Países Desenvolvidos	33
2.4.2 Estudos realizados para Países em Desenvolvimento	41
3 METODOLOGIA	51
3.1 Definição da estratégia metodológica	51
3.2 O <i>Propensity Score Matching</i> como método de inferência causal	51
3.3 Etapas do <i>Propensity Score Matching</i>	54
3.3.1 Estimação do <i>propensity score</i>	54
3.3.2 Escolha do algoritmo de pareamento	54
3.3.3 Estimação do impacto do tratamento	55
3.3.3.1 Estimação do efeito da digitalização sobre ocupação	56
3.3.3.2 Estimação do efeito da digitalização sobre os rendimentos	56
3.4 Garantindo a robustez da estimação	58
3.5 Definição das variáveis	59
3.6 Fonte dos dados	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 Estatísticas Descritivas	67
4.2 Resultados Econométricos	73
4.2.1 Efeito médio da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos	73
4.2.2 Efeitos da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos estratificados por nível de qualificação	84
4.2.3 Efeitos da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos estratificados por formalidade	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
7 APÊNDICE A	108

1 INTRODUÇÃO

Desde a invenção do computador durante a Segunda Guerra Mundial e o advento da Internet no final do século XX, mudanças significativas vêm ocorrendo nas formas de comunicação, educação, trabalho e organização dos negócios. Nas últimas décadas, as inovações tecnológicas intensificaram-se em velocidade de surgimento e alcance, culminando no fenômeno conhecido como digitalização. De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2019), a digitalização consiste no uso de tecnologias, dados digitais e da interconectividade, que resulta em novas atividades ou modificações de atividades existentes. Já os efeitos sociais e econômicos desse processo são denominados transformação digital.

A digitalização abrange diferentes tipos de tecnologias e processos, com impactos diversos sobre a sociedade e a economia. Entre elas destacam-se as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), além de inovações mais recentes como computação em nuvem, big data, automação e inteligência artificial. Diante da complexidade desse fenômeno e a diversidade de tecnologias, os estudos sobre digitalização frequentemente delimitam seu escopo a tecnologias específicas. Neste trabalho, o foco recai sobre as TICs – particularmente o acesso e uso de computadores e internet banda larga, com ênfase no seu uso produtivo. A expansão dessas tecnologias tem sido apontada como um dos motores da transformação digital, contribuindo para superar barreiras ao desenvolvimento econômico.

Neste contexto, a rápida evolução do acesso à internet e das inovações digitais, intensificada pela pandemia de COVID-19, evidencia que a digitalização deixou de ser apenas uma oportunidade para tornar-se uma necessidade para o desenvolvimento socioeconômico dos países. Segundo o relatório *Digital Progress and Trends Report* do Banco Mundial (2024), a expansão da internet de alta velocidade e de outras tecnologias digitais contribuem para a criação de empregos, aumenta a inclusão no mercado de trabalho, promove ganhos de eficiência e redução de custos para as empresas, além de impulsionar as exportações - fatores que, em conjunto, favorecem o crescimento econômico.

Entretanto, esses benefícios estão interconectados com desafios significativos, como a concentração de mercado, o aprofundamento das desigualdades entre indivíduos conectados e desconectados, riscos à segurança e privacidade no meio virtual, além da disseminação de informações falsas. Para além das desigualdades de acesso, estudos recentes têm destacado a existência de diferentes níveis de *gap digital* entre os indivíduos. A ideia central é que, mesmo entre pessoas com acesso semelhante à internet e outras tecnologias, a forma como essas

ferramentas são utilizadas pode variar, assim como os benefícios obtidos, o que exige uma compreensão mais aprofundada sobre esse fenômeno.

Entre os diversos segmentos sociais e econômicos impactados pela digitalização, o mercado de trabalho se destaca como um dos mais afetados, uma vez que os avanços cada vez mais rápidos e intensos das inovações tecnológicas possuem o potencial de transformá-lo profundamente. Por isso, um dos principais esforços da literatura sobre o tema tem sido discutir e aprofundar a análise sobre as implicações da digitalização no mercado de trabalho.

De acordo com a OCDE (2019), a transformação digital pode criar e eliminar empregos, mas o desafio maior do que a possível perda de postos de trabalho é a reestruturação deste mercado e a mudança nas demandas por habilidades dos trabalhadores. Se não forem bem geridos, esses processos podem resultar em descompasso de competências, desemprego estrutural e aumento das desigualdades. Além disso, se por um lado as tecnologias digitais podem gerar novas oportunidades e formas de ocupação mais flexíveis, melhorar a qualidade e o rendimento do trabalho, por outro, também pode intensificar a precarização para determinados grupos.

Em decorrência da relevância do tema e a diversidade de impactos observados, verifica-se que ainda não há consenso na literatura sobre os possíveis efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho. Uma parte dos autores argumenta que esse fenômeno pode aprofundar as disparidades entre trabalhadores com alta e baixa qualificação. A ideia central é que os indivíduos mais qualificados, por possuírem geralmente melhor acesso à internet e maior domínio das ferramentas digitais, tendem a ocupar funções nas quais os avanços tecnológicos atuam de forma complementar, ampliando sua produtividade e, conseqüentemente, sua renda.

Em contrapartida, trabalhadores com menor qualificação frequentemente enfrentam maiores barreiras de acesso às tecnologias e concentram-se em atividades mais suscetíveis à automação, o que aumenta o risco de desemprego. Ademais, cresce entre esses trabalhadores a participação em empregos conhecidos como “*gig work*”¹, que embora amplie as opções de ocupação, frequentemente estão associados à instabilidade e à ausência de proteção social (Acemoglu, 2002; Acemoglu e Autor, 2011; Dutz, 2017; Bauer, 2018; Wang e Shen, 2024; Yuan e Zhang, 2024; Tian e Xiang, 2024).

¹ O termo ‘gig work’ refere-se ao uso de plataformas tecnológicas como Uber, Ifood, e outros, para organizar a contratação de trabalhadores para trabalhos pontuais. Esses trabalhos são na maioria das vezes realizados não por empregados, mas por contratados independentes, o que geralmente implica em menos direitos trabalhistas aos empregados. (Peetz, 2019).

Em contraste, outra parte da literatura defende que a digitalização reduz os custos de transação na produção e distribuição de bens e serviços, gera economias de escalas e impulsiona o surgimento de novas indústrias, estimulando a criação de empregos tanto para trabalhadores altamente qualificados quanto para aqueles com menor qualificação. Além disso, o acesso a tecnologias como a internet e ferramentas digitais reduz a assimetria de informações no mercado de trabalho, facilitando a busca por emprego e melhorando a correspondência entre candidatos e empresa.

Por fim, esse acesso também cria oportunidades de capacitação online, sem restrição de tempo e espaço, o que favorece a acumulação de capital humano e, por consequência, a obtenção de salários mais elevados. Esses fatores podem beneficiar ambos os grupos, embora se espere que os efeitos positivos sejam maiores para os indivíduos com maior nível educacional. (Dimaggio e Bonikowski, 2008; Acemoglu e Restrepo, 2016; Bauer, 2018; Hjort e Poulsen, 2019; Wang e Shen, 2024; Richiardi *et al.*, 2025).

Os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho também não se manifestam de forma uniforme entre os países. As mudanças provocadas pelo maior acesso à internet de alta velocidade e a outras tecnologias digitais interagem com as condições socioeconômicas e com a estrutura do mercado de trabalho pré-existente de cada nação. Esse aspecto é especialmente relevante para os países da América Latina, que enfrentam desafios estruturais ao seu desenvolvimento econômico, mas que podem se beneficiar do uso estratégico da conectividade e das inovações digitais para superá-los.

À medida que a América Latina e o Caribe avançam para níveis mais elevados de desenvolvimento, a região enfrenta novos desafios relacionados à baixa produtividade, vulnerabilidade social, fragilidades institucionais e impactos ambientais. A transformação digital pode ajudar a enfrentar esses desafios, pois oferece uma ampla gama de oportunidades para impulsionar a inovação, aumentar a conectividade, promover habilidades, melhorar a oferta de serviços públicos e elevar o bem-estar dos cidadãos (OCDE, 2019, tradução nossa).

Desta forma, conforme destacado por Hjort e Tian (2021), o avanço da conectividade nas economias em desenvolvimento tem o potencial de facilitar seu progresso econômico. Em vista disso, estudos recentes indicam efeitos positivos da adoção de tecnologias digitais e da expansão da conectividade sobre a participação e a renda dos trabalhadores, além de evidenciarem uma maior inclusão de grupos que enfrentam historicamente mais dificuldade de inserção no mercado de trabalho, como as mulheres (Dutz *et al.*, 2017; Poliquin, 2020; Wang e Shen, 2024).

Em um contexto de intensificação da transformação digital, que demanda cada vez mais habilidades digitais da população, e considerando que o Brasil é um país marcado por

desigualdades que se refletem nas suas condições de acesso e uso de tecnologias, a escolha de analisar os efeitos das TICs sobre o mercado de trabalho – especificamente computadores e internet banda larga – se justifica pelo fato dessas tecnologias representarem o ponto de partida para a adoção de tecnologias mais avançadas. Além disso, o uso dessas tecnologias reflete, simultaneamente, a capacidade da força de trabalho de se adaptar às mudanças tecnológicas e os desafios estruturais que o país precisa enfrentar para se integrar em um mundo cada vez mais globalizado e conectado.

Apesar da vasta literatura sobre os efeitos da transformação digital e das TICs sobre o mercado de trabalho, os estudos voltados para os países em desenvolvimento ainda são relativamente recentes. Ademais, a maioria das pesquisas que analisam as relações entre digitalização e os indicadores socioeconômicos adota uma perspectiva agregada, concentrando-se em dados macroeconômicos ou setoriais. Especificamente para o Brasil, não foram identificados trabalhos que avaliassem, no nível do indivíduo, os efeitos do uso produtivo da internet e de computadores sobre a ocupação e rendimento, considerando explicitamente suas possíveis heterogeneidades segundo nível de qualificação e formalidade da ocupação.

A consideração dessas heterogeneidades não se trata apenas de um recorte analítico, mas de uma questão central para compreender os impactos da digitalização em economias marcadas por desigualdades socioeconômicas. O uso produtivo das TICs pode atuar de forma complementar ao capital humano, ampliando a produtividade de trabalhadores com maior escolaridade, além de possibilitar capacitação contínua, ampliar oportunidades de emprego e melhorar a correspondência entre candidato e vaga de emprego. Por outro lado, para indivíduos com menor qualificação, tais tecnologias podem reduzir os custos de busca por emprego, facilitar o acesso a informações e viabilizar novas formas de inserção ocupacional, funcionando como instrumento de mitigação de desvantagens estruturais.

Adicionalmente, a formalidade da ocupação também constitui dimensão relevante. O mercado formal tende a apresentar maior intensidade tecnológica e maior exigência de habilidades específicas, o que pode reforçar o papel sinalizador das competências digitais. Já no mercado informal, caracterizado por menor estabilidade e proteção social, o domínio dessas ferramentas pode representar um diferencial competitivo importante, seja ao ampliar a rede de clientes, facilitar transações ou por expandir as oportunidades mediadas por plataformas digitais.

No contexto brasileiro, marcado por elevada desigualdade educacional e participação expressiva dos trabalhadores no setor informal, compreender essas dinâmicas é essencial. A análise dos efeitos da digitalização por qualificação e formalidade permite, portanto, identificar

se as tecnologias digitais atuam como alavanca de oportunidades, reduzindo barreiras para grupos mais vulneráveis, ou se funcionam como um mecanismo de aprofundamento das desigualdades existentes. Esse estudo torna-se ainda mais relevante diante dos avanços recentes na infraestrutura digital do país, mas um gap substancial na finalidade de uso dessas tecnologias para estudo e trabalho.

Dados da União Internacional de Telecomunicações (UIT) indicam que a proporção da população brasileira com acesso à internet passou de 17,6% em 2007 para 84,2% em 2023. A qualidade do acesso também evoluiu: em 2012, apenas 11% das conexões eram de alta velocidade, percentual que alcançou 94% em 2022. No entanto, observa-se uma dinâmica distinta da posse de equipamentos: enquanto a presença de telefones celulares nos domicílios aumentou de 72% em 2016 para 84% em 2023, a posse que a posse de computadores reduziu de 40% para 34% no mesmo período, conforme dados da PNADC.

Apesar dos avanços na infraestrutura, o uso produtivo da internet ainda apresenta limitações relevantes. Dados do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC) mostram que a proporção de indivíduos que utilizavam internet no trabalho passou de 22,39% em 2015 para 32,79% em 2023. No mesmo intervalo, o uso para a realização de atividades laborais subiu de 17,45% para 23,60% e para fins educacionais – como estudar por conta própria - aumentou de 18,46% em 2016 para 25,18% em 2023. Esses números evidenciam que, embora a difusão da tecnologia tenha sido expressiva, permanece um *gap* substancial no seu uso para qualificação e trabalho, refletindo tanto barreiras estruturais quanto desafios de adaptação da força de trabalho às inovações tecnológicas.

Considerando que a transformação digital se tornou uma realidade e que uma nova revolução industrial está em curso, reestruturando os padrões da competição global, os dados apresentados evidenciam que o Brasil possui condições favoráveis para se beneficiar dos avanços tecnológicos. No entanto, também apontam desafios que exigem políticas públicas que promovam a adaptação da população a esse novo cenário.

Diante da discussão teórica sobre os efeitos da digitalização na economia e no mercado de trabalho, bem como do panorama atual do Brasil em termos de infraestrutura e uso de tecnologias digitais, levanta-se o seguinte questionamento: quais são os efeitos do uso produtivo de internet banda larga e computadores sobre a ocupação e rendimento no mercado de trabalho brasileiro? Tais efeitos diferem por nível de qualificação e formalidade da ocupação?

Considerando as limitações para mensurar diretamente o grau de digitalização individual, este estudo adota como *proxy* uma variável de interação composta por dois indicadores disponíveis no suplemento TIC da PNADC no período entre 2016 a 2023: i) posse

de computador e ii) uso da internet para envio e recebimento de e-mails. A utilização de computador requer maior nível de habilidades digitais e está mais associada a atividades produtivas e educacionais comparativamente a dispositivos móveis. Já o uso de internet para envio e recebimento de e-mails é considerado um indicativo de utilização produtiva das tecnologias, sugerindo que o indivíduo provavelmente emprega esses recursos para fins de estudo e/ou trabalho.

Ao analisar os efeitos em nível individual do uso produtivo da internet e computadores sobre a inserção e remuneração no mercado de trabalho, esse estudo visa contribuir com a literatura econômica e de políticas públicas voltada à compreensão dos impactos da digitalização sobre o mercado de trabalho. Ao fornecer evidências empíricas para o contexto brasileiro, pretende-se subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas à inclusão digital e ao aprimoramento das estratégias de qualificação profissional, de modo a facilitar a integração e mobilidade dos trabalhadores e garantir que os benefícios das inovações tecnológicas sejam amplamente compartilhados em termos de oportunidades e renda.

Além de contribuir para o debate acadêmico sobre os impactos da digitalização sobre o mercado de trabalho em economias emergentes, este estudo apresenta uma contribuição metodológica ao empregar o método de *Propensity Score Matching* (PSM) com microdados da PNADC para estimar os efeitos causais do uso produtivo das tecnologias digitais. A escolha desse método se justifica pela natureza não aleatória da digitalização, ou seja, indivíduos com maior escolaridade, renda ou inserção formal tendem a apresentar maior probabilidade de ser digitalizado, o que pode gerar viés de seleção nas estimativas. Assim, o PSM permite reduzir esse viés ao construir um grupo contrafactual composto por indivíduos com características observáveis semelhantes ao grupo digitalizado. Ademais, a utilização conjunta das variáveis de acesso a computador e uso de internet para envio e recebimento de e-mails constitui uma *proxy* mais abrangente da digitalização individual e avança em relação aos estudos realizados que utilizam apenas indicadores isolados.

Diante deste contexto e das lacunas observadas, o objetivo geral deste estudo é analisar os efeitos do uso produtivo da internet banda larga e de computadores sobre a ocupação e o rendimento no mercado de trabalho brasileiro, no período entre 2016 e 2023. Especificamente, pretende-se:

- (i) Analisar a evolução do acesso à internet e posse de equipamentos tecnológicos no Brasil entre 2016 e 2023;
- (ii) Apresentar o perfil socioeconômico dos indivíduos digitalizados e não digitalizados;

- (iii) Estimar os efeitos da digitalização sobre ocupação e rendimento;
- (iv) Investigar os efeitos da digitalização segundo o nível de qualificação dos indivíduos;
- (v) Avaliar se os impactos diferem entre o mercado formal e informal.

Com base na discussão teórica apresentada e nas especificidades estruturais do mercado de trabalho brasileiro apresentada, espera-se que os efeitos da digitalização não sejam homogêneos entre os trabalhadores. Considerando os objetivos do estudo, parte-se da hipótese de que o uso produtivo das tecnologias digitais exerce efeito positivo sobre a ocupação e os rendimentos dos trabalhadores. Em consonância com a literatura sobre o viés tecnológico em favor dos mais qualificados, formula-se a hipótese de que esse efeito seja mais intenso entre indivíduos com maior nível educacional, refletindo a complementariedade entre tecnologia e capital humano, resultando em prêmio salarial relativamente mais elevado para esse grupo.

No que se refere à formalidade da ocupação, como a estimação considera apenas indivíduos já ocupados, a análise restringe-se aos efeitos sobre os rendimentos. Nesse contexto, espera-se que o impacto da digitalização seja relativamente maior no mercado informal do que no formal, uma vez que a maior rigidez salarial do mercado formal pode limitar os ganhos adicionais decorrentes das habilidades digitais.

Para realização desse trabalho serão utilizados os microdados da PNADC referentes ao período de 2016 e 2023, período este que contempla o suplemento anual de acesso à tecnologia da informação e comunicação. A PNADC, conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é uma pesquisa amostral contínua que visa acompanhar as flutuações e evolução da força de trabalho, além de outros aspectos relacionados ao desenvolvimento econômico do país. Sua estrutura permite o empilhamento dos dados e a realização de uma análise longitudinal, capturando os efeitos da expansão da infraestrutura digital e das inovações tecnológicas sobre o mercado de trabalho brasileiro.

Além dessa introdução, essa dissertação está organizada em mais quatro capítulos. No capítulo 2, são apresentadas as principais teorias que discutem os efeitos das tecnologias da informação e comunicação sobre o mercado de trabalho e sobre a economia, bem como as evidências empíricas a nível internacional e nacional. O terceiro apresenta a metodologia a ser utilizada, contendo a descrição do modelo, a base de dados e as variáveis utilizadas na estimação econométrica. O quarto capítulo apresenta as análises descritivas e evidências iniciais acerca da ocupação e rendimento no mercado de trabalho para indivíduos que possuem ou não acesso à internet e equipamentos tecnológicos, bem como os resultados das estimações

econométricas e as discussões com a literatura; Por fim, apresentam-se as conclusões, recomendações para políticas públicas e principais limitações do estudo.

2 ASPECTOS TEÓRICOS E EMPÍRICOS

Considerando a relevância da discussão sobre os efeitos da digitalização e da transformação digital na economia, especialmente sobre o mercado de trabalho, bem como os principais fatores socioeconômicos e institucionais associados a esse fenômeno, esta seção dedica-se a apresentar o contexto atual brasileiro e global, os conceitos que orientam este estudo, os fundamentos teóricos e as principais evidências empíricas, internacionais e nacionais, acerca da relação entre digitalização e mercado de trabalho.

2.1 Digitalização: conceitos, contexto global e brasileiro

A digitalização tem transformado profundamente as relações sociais e econômicas em países desenvolvidos e em desenvolvimento, impulsionada por tecnologias como a internet de alta velocidade, os computadores, smartphones e tecnologias mais recentes como a inteligência artificial. Embora o debate sobre seus efeitos não seja recente, ele ganhou força nas últimas décadas, em razão de inovações cada vez mais disruptivas e, especialmente, após a pandemia de COVID-19, que acelerou a necessidade de adaptação da sociedade ao ambiente digital.

Este fenômeno apresenta benefícios e riscos interligados, refletindo sua complexidade e exigindo uma análise aprofundada, sobretudo para a formulação de políticas públicas eficazes. Por um lado, a digitalização oferece oportunidades para ampliar a produtividade e o bem-estar social, promovendo inclusão, ampliando o acesso a serviços essenciais, melhorando a qualidade dos serviços públicos, expandindo mercados e diversificando produtos. Por outro lado, impõe desafios importantes, como mudanças nas interações sociais, reestruturação organizacional e dos mercados, possíveis reduções na concorrência e questões relacionadas ao emprego, às habilidades requeridas, à privacidade e à segurança de dados (OCDE, 2019; Banco Mundial, 2023).

A forma como as tecnologias digitais influenciam a sociedade e a economia está diretamente relacionada aos fatores políticos, econômicos e institucionais de cada país, o que explica a heterogeneidade dos efeitos observados. Países desenvolvidos, por contarem com infraestrutura robusta, mercados maduros, força de trabalho mais qualificada e maior acesso a investimentos, tendem a adotar e se adaptar às inovações com mais facilidade. Em contraste, países em desenvolvimento enfrentam maiores limitações quanto à cobertura e

ao uso efetivo das ferramentas digitais, associadas à fatores como a qualidade da educação, capacitação da força de trabalho, a competitividade do mercado e a eficácia institucional (Banco Mundial, 2023).

O relatório *Digital Dividends* do Banco Mundial (2016) reforça essa desigualdade: enquanto apenas 28% da população em países em desenvolvimento possui acesso à internet em casa, esse percentual chega a 80% nos países desenvolvidos. Essa diferença não se limita à cobertura, mas também ao tipo de tecnologia utilizada. Computadores – que exigem maior nível de habilidade digital e conhecimento de idiomas estrangeiros – são menos comuns, enquanto o telefone móvel tem se difundido mais rapidamente, por possibilitar o acesso à internet a um baixo custo e demandarem menos habilidades digitais e instrução educacional para sua utilização básica.

Na América Latina, embora tenha ocorrido uma redução da distância em relação aos países desenvolvidos, a taxa de crescimento digital permanece a mais baixa entre as regiões emergentes. Desafios estruturais e institucionais, como dificuldades de financiamento, escassez de força de trabalho qualificada, infraestrutura precária, predominância de microempresas informais, baixo investimento em P&D e desigualdade de acesso e uso das tecnologias, continuam a limitar o processo de digitalização.

No que se refere às habilidades digitais, os indicadores revelam fragilidades adicionais. Menos da metade dos adultos na região possui experiência suficiente com computadores para realizar tarefas básicas, e menos de 10% utilizam TICs para atividades avançadas, como programação. Além disso, a pandemia intensificou a valorização de competências cognitivas associadas à resolução de problemas complexos e competências interpessoais, alterando as exigências do mercado de trabalho e aprofundando os desafios enfrentados pela região (Organização Internacional do Trabalho - OIT, 2022).

Dentro desse contexto regional, o Brasil apresenta indicadores mais favoráveis em termos de cobertura de internet, embora compartilhe desigualdades semelhantes no tipo de tecnologia utilizada e no uso efetivo. Em 2023, cerca de 92% dos domicílios possuíam acesso à internet, de acordo com dados da PNADC, sendo que 88% destes utilizavam internet banda larga. Contudo, apenas 34% dos domicílios possuíam computador, enquanto 96% tinham celular com acesso à internet. Dados da CETIC para o mesmo ano indicam que 32,8% da população utilizava internet no ambiente de trabalho, 20,8% utilizavam para realizar atividades laborais e 25,2% para fins educacionais, o que evidencia que a posse de equipamentos e o uso produtivo das tecnologias ainda permanecem limitados.

Além disso, os dados da PNADC mostram a heterogeneidade no acesso à internet e posse de equipamentos entre os diferentes grupos sociais. Em 2023, 77% dos indivíduos com ensino superior possuíam acesso à internet e computador, contra apenas 13,6% entre aqueles com ensino médio incompleto ou menos. Entre os residentes de áreas urbanas, 35,67% possuíam internet e computador, enquanto para os residentes da região rural esse percentual era de 11,09%. A renda também se mostra como um fator importante: 86,3% dos indivíduos com acesso à internet e posse de computador recebiam até cinco salários-mínimos, enquanto entre os que não possuíam, 87,4% tinham rendimento de até dois salários-mínimos.

Essas condições influenciam diretamente a capacidade de adaptação da força de trabalho às mudanças tecnológicas, e refletem nos efeitos heterogêneos da digitalização entre os grupos sociais. Neste sentido, indivíduos com melhores condições de acesso às tecnologias tendem a se beneficiar mais da digitalização, pois, à medida que o processo de informatização se acelera, a aquisição de habilidades tecnológicas torna-se requisito fundamental para a empregabilidade, além de apresentar correlação significativa com os salários (Poliquin, 2020; Kristal e Edler, 2021; Banco Mundial, 2023; Yuan e Zhang, 2024).

Diante desse cenário, uma das preocupações centrais desse debate refere-se aos efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho. Isso porque a transformação digital tem alterado as organizações e os mercados, favorecendo o surgimento de novos negócios e modificando as habilidades exigidas nas ocupações. Nesse contexto, o impacto das tecnologias digitais sobre o mercado de trabalho tem sido objeto de contínua discussão, uma vez que, assim como ocorre na sociedade e na economia em geral, são identificados tanto potenciais benefícios quanto prejuízos para os trabalhadores.

Entre os efeitos positivos, destaca-se a redução dos custos de produção e transação, bem como o estímulo à criação de novos negócios, o que favorece a geração de empregos. De acordo com a OCDE (2019), quatro em cada dez empregos criados na última década foram em setores com intensividade tecnológica. Além disso, os avanços digitais facilitam o acesso à informação no mercado de trabalho, reduzem os custos de procura por emprego, ampliam as possibilidades de qualificação profissional e aumentam a produtividade – fatores que contribuem tanto para a ocupação, quanto sobre os rendimentos (Dimaggio e Bonikowski, 2008; Hjort e Tian, 2021; You, 2024; Zhao, Jiao e Wu, 2022).

Por outro lado, a transformação digital pode prejudicar modelos de negócios tradicionais, provocar a substituição de trabalhadores por tecnologias digitais em determinadas ocupações, especialmente entre os menos qualificados, e ampliar a diferença

salarial entre aqueles que têm acesso aos recursos tecnológicos e habilidades digitais e aqueles que não possuem (Kristal, 2020; Poliquin, 2020; Tian e Xiang, 2024; Wang e Shen, 2024).

Diante desses desafios e oportunidades, entende-se que o papel dos pesquisadores e formuladores de políticas públicas é analisar essas dinâmicas e propor estratégias que maximizem os benefícios da digitalização, ao mesmo tempo em que mitiguem os seus riscos e promova a inclusão no mercado de trabalho.

2.2 Como a digitalização afeta o mercado de trabalho

No campo das ciências econômicas, uma das principais preocupações da literatura sobre digitalização refere-se aos seus efeitos sobre o mercado de trabalho. Os avanços tecnológicos influenciam diretamente os tipos de ocupações e as habilidades requeridas, afetando tanto os níveis de emprego quanto os rendimentos. Essas transformações exigem políticas públicas voltadas à capacitação dos jovens, requalificação da força de trabalho e promoção da mobilidade laboral, de modo a potencializar os benefícios e mitigar os riscos associados à digitalização.

Embora a literatura econômica tradicional concentre-se a análise da relação entre tecnologias e resultados no mercado de trabalho pela ótica do capital humano, associando o uso da tecnologia ao aumento da produtividade individual no local de trabalho e aos salários, outras vertentes têm ressaltado que os mecanismos pelos quais a digitalização afeta a ocupação e os rendimentos são mais amplos e não se restringe ao ambiente de trabalho.

Nesse sentido, Dimaggio e Bonikowski (2008) apontam a existência de dois mecanismos frequentemente negligenciados: i) o uso de tecnologia para acessar informações sobre oportunidades de emprego, denominado por eles de capital social; ii) o uso da tecnologia como ferramenta indicadora de habilidades desejáveis no mercado de trabalho, denominado efeito sinalizador. No primeiro caso, a tecnologia pode ampliar o uso de redes sociais e ferramentas que facilitem o acesso a vagas de emprego, aumentando suas chances de inserção laboral. Já no segundo, o domínio de habilidades digitais pode ser interpretado pelos empregadores como um indicativo de maior desempenho, resultando em prêmios salariais.

Com base nessas contribuições, diversos estudos têm se dedicado a analisar a relação entre tecnologias digitais e resultados no mercado de trabalho, explorando diferentes mecanismo de influência. Embora ainda não haja consenso na literatura, parte dos estudos aponta efeitos negativos, como redução da ocupação e aumento da desigualdade salarial entre

grupos com diferentes níveis de qualificação. Outros trabalhos, por sua vez, encontram resultados positivos sobre empregos e salários, independentemente da escolaridade ou das condições socioeconômicas. Apesar dessas divergências, há convergência quanto à heterogeneidade dos efeitos da digitalização: sua magnitude varia conforme fatores individuais, ocupacionais e institucionais.

Dentro desse contexto, Yuan e Zhang (2024) argumentam que o domínio de tecnologias e a “alfabetização digital” se tornaram competências essenciais para inserção no mercado de trabalho, estando positivamente associadas aos rendimentos. Os autores apontam que a internet não apenas amplia as oportunidades de emprego, ao reduzir o custo de busca e viabilizar novas formas de ocupação, como também aprimora habilidades sociais e cognitivas, com reflexos sobre a renda e a tomada de decisões relacionadas ao emprego, o que é corroborado por Zhao, Jiao e Wu (2022). Entretanto, alertam que tais benefícios são condicionados por características individuais, levantando preocupações quanto à incerteza da renda, direitos trabalhistas e proteção social.

Essa complexidade é discutida por Atasoy (2013), que analisa os efeitos da internet a partir da ótica da oferta e da demanda por trabalho. A autora argumenta que do lado da oferta, a internet amplia o alcance e velocidade de circulação de informações, facilitando a busca por emprego e promovendo maior eficiência na correspondência entre trabalhadores e empregadores. Do lado da demanda, a internet pode gerar empregos diretamente – pela necessidade de mão de obra em infraestrutura e manutenção – e indiretamente, ao impulsionar o comércio eletrônico e expandir o mercado consumidor, o que eleva a demanda por bens e serviços e, conseqüentemente, por trabalho. Contudo, a autora ressalta que esses benefícios tendem a favorecer de forma desproporcional os trabalhadores mais qualificados, capazes de dominar melhor as ferramentas digitais, ampliando as desigualdades salariais e de empregabilidade.

O favorecimento do progresso tecnológico para os trabalhadores com maior nível de qualificação também é apontado por Richiardi *et al.* (2025). Os autores apontam que os trabalhadores mais qualificados são mais prováveis de terem habilidades que são complementares às tecnologias, além de se adaptarem mais facilmente às novas habilidades requeridas, assim como podem estar mais bem posicionados no mercado de trabalho para se beneficiarem dos efeitos de produtividades associados à transformação digital.

Complementando essa perspectiva, Dutz *et al.* (2017) ressaltam que a adoção de determinadas tecnologias pode gerar desemprego em algumas categorias, sobretudo quando os benefícios da inovação são apropriados de forma desproporcional pelos detentores do capital

físico e pelos trabalhadores altamente qualificados. Nesse caso, pode haver um aumento na desigualdade de rendimento entre qualificados e não qualificados. Por outro lado, os autores reconhecem que a tecnologia pode também atuar como complemento ao trabalho humano, reduzindo custos, aumentando a produtividade e estimulando a criação de empregos e crescimento dos salários – argumento que também é reforçado por Si e Li (2023).

Expandindo essa discussão, You (2024) argumenta que a revolução digital exerce um efeito duplo sobre o mercado de trabalho. Por um lado, as inovações tecnológicas aceleram a substituição de trabalhadores de baixa qualificação por capital. Por outro, fomentam a criação de novos negócios e setores, ampliando as oportunidades de emprego. O autor classifica os impactos da transformação digital sobre o mercado de trabalho em três efeitos principais: substituição, demanda e criação. O efeito substituição, predominante no curto prazo, refere-se à substituição dos trabalhadores por tecnologia digitais, especialmente os de baixa qualificação. O efeito demanda é proveniente do aumento da eficiência produtiva, que reduz custos, estimula o consumo e gera novos empregos. Já o efeito criação está relacionado ao surgimento de novas ocupações e setores impulsionados pela digitalização. Esses efeitos, segundo o autor, são mediados pelo tamanho do mercado digital, pela estrutura industrial e configuração do mercado de trabalho de cada país.

A partir de uma perspectiva voltada às desigualdades digitais, Van Deursen e Helsper (2015) introduzem o conceito de “terceiro nível do *gap digital*”, que busca compreender as diferenças nos benefícios concretos obtidos com o uso da internet. Essa abordagem dialoga com contribuições anteriores, como as de DiMaggio e Hargittai (2001), que já argumentavam que a desigualdade digital não se limita ao acesso à infraestrutura tecnológica, mas envolve múltiplas dimensões, como habilidades, autonomia de uso e fins de utilização da internet. Sendo assim, os autores destacam que enquanto os dois primeiros níveis tratam do acesso à tecnologia (primeiro nível) e das habilidades e padrões de uso (segundo nível), o terceiro nível foca nas diferenças nos benefícios concretos obtidos com o uso da internet.

O argumento central é que, mesmo entre indivíduos com acesso semelhantes às TICs, os benefícios obtidos com seu uso variam de acordo com características socioeconômicas dos indivíduos. Neste sentido, aqueles com maior capital social, econômico e educacional tendem a converter o uso da internet em mais vantagens offline, como melhores oportunidades de emprego, ampliação de redes de contato, aquisição de habilidades e maiores salários.

Ampliando essa discussão, Bauer (2018) argumenta que o avanço tecnológico demanda trabalhadores com alto nível de qualificação, mas também cria ocupações de baixa qualificação. Por um lado, as mudanças tecnológicas tendem a alterar as habilidades requeridas para o

desempenho de determinadas funções, o que tende a elevar os rendimentos nestas ocupações. Por outro, a inovação digital tem impulsionado a economia de plataforma, favorecendo empresas de serviços ao reduzir custos de transação e superar ineficiências dos mercados tradicionais. Essas empresas, por sua vez, costumam oferecer vagas de emprego mais flexíveis ou de meio período, ampliando as possibilidades, embora comumente estejam associadas a baixos níveis de rendimento e ausência de proteção social.

O autor ainda destaca que os efeitos da adoção de tecnologias sobre a desigualdade de rendimentos entre os trabalhadores dependem do contexto institucional, econômico, tecnológico e político. Em conjunto com a força de trabalho qualificada e políticas eficazes de adaptação e capacitação, o progresso tecnológico pode ser acompanhado por redução das desigualdades. Em contrapartida, em cenários marcados por heterogeneidade de qualificação e ausência de tais políticas, as inovações tecnológicas podem ampliar as disparidades de renda entre os grupos.

A influência do contexto socioeconômico e institucional também é enfatizada por Hjort e Poulsen (2019). Para os autores, a tecnologia tende a aumentar a desigualdade entre indivíduos com diferentes níveis educacionais em países ricos. No entanto, em regiões em desenvolvimento, tecnologias como a internet favorecem o emprego independentemente do nível educacional. Isso porque, segundo os autores, a tecnologia favorece a abertura de novas firmas e o aumento da produtividade, especialmente em setores com maior intensidade tecnológica.

Contribuindo com a discussão, Kristal (2020) sustenta que as tecnologias têm transformado o trabalho em uma atividade mais intensiva em conhecimento, favorecendo trabalhadores capazes de mobilizar o acesso à informação como recurso estratégico. Deste modo, os trabalhadores que possuem maior acesso e controle de informação tendem a deter um maior poder estrutural, o que fortalece sua capacidade de barganha e, conseqüentemente, reflete em maiores salários.

De forma geral, a literatura aponta que a digitalização afeta o mercado de trabalho de maneira ambígua, ao mesmo tempo que propicia novas oportunidades, gera ganhos de produtividade e eleva os rendimentos dos trabalhadores qualificados, também pode intensificar desigualdades e reduzir o emprego para ocupações de menor qualificação. Verifica-se, a partir da literatura, que esses efeitos dependem do contexto institucional, do tipo de tecnologia analisada e de fatores socioeconômicos, evidenciando a importância de explorar esses efeitos no caso brasileiro e discutir medidas de políticas públicas para assegurar que os benefícios da digitalização sejam distribuídos de forma mais equitativa.

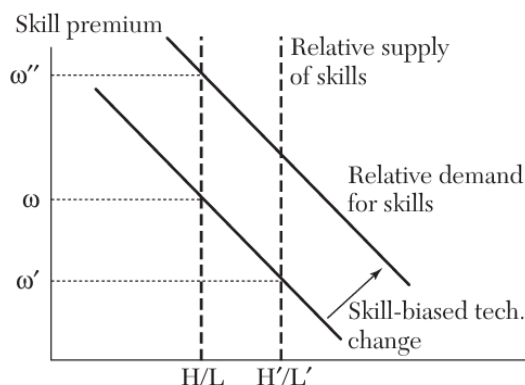
2.3 Fundamentos Teóricos: Mudanças Tecnológicas e Estrutura do Mercado de Trabalho

À medida que as inovações tecnológicas se intensificam e provocam mudanças significativas na economia, especialmente no mercado de trabalho, um dos esforços da literatura tem sido compreender de que forma o progresso técnico afeta a demanda por trabalho e os rendimentos. Desta forma, os fundamentos teóricos apresentados nesta seção buscam sustentar as hipóteses delineadas na introdução, destacando os principais mecanismos pelos quais a digitalização pode influenciar a ocupação e os rendimentos, com ênfase no viés tecnológico favorável a trabalhadores mais qualificados (*Skill-Biased Technological Change*), na interação entre tecnologia e educação, e nos fatores institucionais que influenciam os retornos salariais e podem intermediar os efeitos associados às mudanças tecnológicas.

Uma das abordagens centrais nesse debate é o modelo *Skill-Biased Technological Change* (SBTC), desenvolvido por Acemoglu (2002). Essa teoria contrapõe a visão tradicional de que o progresso técnico é exógeno e neutro, ao propor que esse processo é endógeno e influenciado por incentivos econômicos. As decisões de investimentos em tecnologia dependem dos retornos esperados, que, por sua vez, são condicionados pela oferta relativa de mão de obra qualificada e pelos custos dos fatores de produção. A ideia central é que o aumento da oferta de trabalhadores qualificados pode estimular o desenvolvimento de tecnologias complementares ao trabalho, intensificando a demanda por esse tipo de mão de obra.

A Figura 1 abaixo ilustra o que ocorre no mercado de trabalho a partir do progresso técnico com viés para habilidade. De forma intuitiva, se houver aumento na qualificação dos trabalhadores sem que haja progresso técnico, o prêmio salarial é reduzido. Em contrapartida, se o aumento da oferta de mão de obra qualificada for acompanhado por progresso tecnológico complementar à habilidade, a demanda por mão de obra qualificada também se elevará, resultando em maior prêmio salarial. O modelo sugere que o prêmio salarial por habilidade aumenta quando os trabalhadores qualificados se tornam mais produtivos, o que acontece quando o progresso tecnológico é complementar ao trabalho.

Figura 1- Progresso Técnico e Prêmio Salarial



Fonte: Retirado de Acemoglu (2002, p.20)

Adicionalmente, Acemoglu (2002) argumenta que o progresso técnico complementar ao trabalho aumenta não só os salários dos qualificados, mas também o salário dos não qualificados e o salário médio. Entretanto, o diferencial entre eles se amplia pelo fato da mudança tecnológica valorizar mais as tarefas cognitivas e pelos trabalhadores mais qualificados apresentarem vantagem em lidar com a introdução das novas tecnologias.

Contudo, o autor ainda destaca que os impactos do progresso técnico não são determinados exclusivamente pela tecnologia, mas também pela interação com as instituições sociais, políticas e econômicas. Em contextos de maior proteção trabalhista e intervenção estatal, por exemplo, tais efeitos podem ser atenuados por políticas redistributivas e por maior rigidez salarial.

No debate contemporâneo sobre mudança tecnológica e mercado de trabalho, Autor (2015) oferece uma contribuição importante ao argumentar que os efeitos da tecnologia não se restringem à substituição de tarefas humanas, mas envolvem também mecanismos de complementariedade que podem ampliar a produtividade e, conseqüentemente, a demanda por trabalho. O autor defende que as tecnologias não eliminam ocupações inteiras, mas automatizam tarefas específicas, alterando o conteúdo do trabalho e a estrutura da demanda por habilidades. Como a maioria das ocupações combina múltiplas tarefas, a introdução de novas tecnologias tende a reconfigurar o perfil das atividades desempenhadas, em vez de simplesmente reduzir o emprego.

Além disso, Autor (2015) ressalta que os impactos da tecnologia sobre o emprego dependem de fatores como a elasticidade da demanda por bens e serviços e a capacidade de ajuste da oferta de trabalho. Em setores nos quais a produtividade cresce, mas a demanda é inelástica, pode haver redução relativa do emprego. Em contrapartida, quando os ganhos

de produtividade se traduzem em expansão de renda e consumo, surgem novas oportunidades de emprego, principalmente em segmentos complementares à tecnologia e setores intensivos em serviços, como saúde, educação e serviços pessoais. Sendo assim, os avanços tecnológicos tendem a se traduzir mais em mudança de composição ocupacional e na demanda relativa por habilidades do que em redução de emprego.

Portanto, a discussão realizada por Autor (2015) reforça a ideia de que os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho não são unidimensionais. A tecnologia pode substituir tarefas rotineiras, mas também complementar atividades humanas, criar oportunidades em diferentes segmentos e alterar os retornos associados a diferentes níveis de qualificação.

Essa perspectiva é complementada por Goldin e Katz (2018), ao enfatizarem que os efeitos da mudança tecnológica no mercado de trabalho dependem tanto da evolução da demanda por novas habilidades, quanto da capacidade de adaptação da força de trabalho ao novo contexto. Para os autores, as transformações tecnológicas alteram a demanda relativa por habilidades, influenciando tanto os diferenciais de rendimentos quanto a composição do emprego entre trabalhadores com diferentes níveis educacionais. Assim, esse processo resulta da interação entre mudanças na demanda por novas competências e a resposta do lado da oferta, ou seja, a capacidade dos indivíduos de se qualificarem e adquirirem habilidades requeridas pelo mercado de trabalho.

A ideia central da discussão é que as tecnologias podem ser difíceis de dominar pelos trabalhadores, pelo menos inicialmente. Por isso, os indivíduos com maior nível de escolaridade e habilidades inatas tendem a apresentar mais facilidade em lidar com as inovações. Os empregadores, por sua vez, demonstram maior propensão em contratar aqueles com nível educacional e outras características observáveis que indiquem a capacidade de aprender e utilizar novas tecnologias. Como resultado, a adaptação às mudanças tecnológicas pode influenciar tanto a inserção e permanência no mercado de trabalho, quanto os níveis de remuneração.

De acordo com os autores, a evolução da estrutura salarial reflete uma “corrida” entre o crescimento da demanda por habilidades gerado pelos avanços tecnológicos e o crescimento na oferta de habilidades. Sendo assim, quando a tecnologia avança e exige mais habilidade, se a educação e a qualificação acompanham esse avanço, a estrutura salarial tende a se estabilizar, mas quando isso não ocorre, a tendência é que haja o aumento do prêmio salarial pelo uso da tecnologia. Além disso, aqueles que não conseguem se alinhar às novas exigências tecnológicas tendem a apresentar maiores dificuldades de inserção no mercado de trabalho.

Para além dos fatores tecnológicos e educacionais, o contexto institucional desempenha papel central na distribuição dos retornos associados à digitalização. Kristal e Edler (2021) propõem uma abordagem inovadora, ao analisarem como o chamado *computer wage premium* - o diferencial de rendimento entre trabalhadores que utilizam computadores e aqueles que não utilizam - varia conforme o regime institucional de cada país. Esse contexto institucional envolve políticas de determinação salarial, sistemas de barganha coletiva e educacional e a estrutura de proteção social.

Neste sentido, as autoras argumentam que, na presença de instituições robustas, com sistemas de negociação coletiva centralizados, educação vocacional estruturada e proteção social ampla, os benefícios provenientes da digitalização são distribuídos de forma mais equitativa. O foco do estudo são os países desenvolvidos, que as autoras classificam os países em três modelos: Economias de Mercado Liberais - como os Estados Unidos, Reino Unido, Canadá e Austrália; Economias de Mercado Coordenadas Continentais - Áustria, França, Espanha e Alemanha e Economias de Mercado Coordenadas Nórdicas - Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suécia.

A partir dessa tipologia, Kristal e Edler (2021) ressaltam que, em países com alta cobertura de negociação coletiva, há uma menor dispersão salarial entre trabalhadores digitalizados e não digitalizados, pois os acordos sindicais uniformizam os ganhos salariais. Por outro lado, em economias liberais, que se caracterizam por mercados mais desregulados, baixa cobertura sindical e menor proteção trabalhista, o mercado competitivo desempenha papel central na determinação salarial. Nesse contexto, trabalhadores que já possuem vantagens em termos de capital humano conseguem negociar individualmente maiores prêmios salariais decorrentes de suas habilidades digitais.

As autoras também enfatizam o papel do sistema educacional, apontando que sistemas de formação técnica e profissional bem estruturados permitem que um grupo mais amplo de trabalhadores adquiram habilidades digitais, o que reduz a escassez de profissionais qualificados e, conseqüentemente, o prêmio salarial associado ao uso de computadores. Além disso, os mecanismos de seguridade social robustos fortalecem o poder de barganha dos trabalhadores menos qualificados e reduzem sua vulnerabilidade frente às mudanças tecnológicas.

A discussão sobre estrutura institucional é igualmente relevante na análise segmentada por formalidade. Embora não tenham sido identificados estudos que analisem diretamente os efeitos da mudança tecnológica considerando as diferenças no mercado formal e informal, existe uma discussão relevante sobre a estrutura dual do mercado de trabalho que pode ajudar

a compreender os resultados. Especialmente no caso brasileiro, marcado por elevada informalidade, torna-se particularmente importante considerar a segmentação entre mercado formal e informal.

No contexto brasileiro, Ulyssea (2018) desenvolve um modelo estrutural para economias com alta informalidade no qual trabalhadores e firmas escolhem entre operar no setor formal ou informal diante de custos regulatórios, encargos trabalhistas, tributários e probabilidade de fiscalização. O autor argumenta que a informalidade não deve ser interpretada exclusivamente como resultado de baixa produtividade ou exclusão involuntária, mas também uma escolha racional diante do ambiente institucional.

Um dos principais resultados do estudo é que a informalidade não é um segmento homogêneo e residual, mas um setor heterogêneo que inclui desde atividades de baixa produtividade, que permanecem à margem do setor formal por incapacidade de arcar com os custos da formalização, até firmas relativamente produtivas que operam informalmente para evitar custos regulatórios elevados. Essa heterogeneidade possui implicações diretas sobre o mercado de trabalho, uma vez que trabalhadores inseridos em cada segmento estão sujeitos a estruturas distintas de remuneração, estabilidade, proteção social e acesso a recursos produtivos, inclusive tecnologias.

Nesse contexto, se os setores formal e informal operam sob diferentes estruturas de incentivos, níveis de produtividade e regulações, é plausível supor que os efeitos associados ao uso produtivo das TICs também variem entre esses segmentos. No setor formal, onde a adoção tecnológica tende ser mais intensa e institucionalizada, a digitalização pode atuar como complemento a estruturas produtivas já consolidadas, reforçando retornos associados ao capital humano. Já no setor informal, o domínio de tecnologias digitais pode representar um diferencial competitivo relevante, ao ampliar acessos a mercados, reduzir custos de transações e mitigar limitações tradicionais associadas a esse segmento.

A partir das discussões teóricas apresentadas, verifica-se que os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho não são homogêneos nem unidimensionais. A magnitude e a direção desses efeitos dependem da estrutura do mercado de trabalho, do contexto institucional e educacional, e da interação entre demanda por habilidades e a capacidade de adaptação da força de trabalho. Além disso, a forma de inserção ocupacional, especialmente a distinção entre mercado formal e informal, pode influenciar a apropriação dos retornos associados a uso de tecnologias digitais. Em economias caracterizadas por elevada desigualdade educacional e forte segmentação ocupacional, como o Brasil, essas considerações tornam-se centrais para

compreender se a digitalização atua como fator de ampliação de oportunidades ou reforço de assimetrias existentes.

Neste sentido, a análise empírica torna-se fundamental para identificar de que maneira esses mecanismos operam na prática e quais grupos são mais beneficiados ou mais expostos às transformações tecnológicas. Na seção a seguir, serão apresentadas as principais evidências empíricas que dialogam com essa discussão, permitindo observar de que forma a digitalização tem impactado o mercado de trabalho em diferentes contextos e grupos de trabalhadores.

2.4 Evidências Empíricas

Com o avanço cada vez mais rápido da transformação digital, especialmente com o surgimento de tecnologias como a internet de alta velocidade, computadores modernos e inteligência artificial, a literatura tem se empenhado em compreender seus impactos na economia e na sociedade. Esse esforço busca orientar os governos no direcionamento das políticas públicas tanto no que diz respeito ao fomento de inovações tecnológicas, quanto na adaptação da população ao novo cenário, de modo a direcionar as oportunidades oriundas dos avanços tecnológicos em benefício da sociedade.

Como mencionado anteriormente, os efeitos da digitalização são mediados por fatores institucionais, políticos, econômicos e sociais de cada país. Por essa razão, seus impactos não são uniformes entre as nações. Além de estarem em estágios distintos de desenvolvimento tecnológico, países desenvolvidos e em desenvolvimento apresentam capacidades diferentes para implementar políticas de investimento e promover a adaptação da população, especialmente a qualificação e requalificação da força de trabalho. Ademais, nas últimas décadas, um esforço crescente tem sido realizado no meio acadêmico para investigar as disparidades entre os grupos sociais com e sem acesso às tecnologias, buscando compreender como esse *gap digital* se reflete em termos de oportunidades no mercado de trabalho, renda, educação, participação política e outros aspectos.

Parte da literatura que investiga os efeitos do uso de tecnologias como internet e computador sobre o mercado de trabalho concentra-se na análise do seu uso no local de trabalho, como os estudos de Acemoglu (2002), Reis, Ambrozio e Machado (2011), Oosterbeek e Ponce (2011), Poliquin (2020) e Kristal (2020). Esses trabalhos destacam a relação entre tecnologia, produtividade dos trabalhadores e os retornos salariais associados às habilidades digitais.

Por outro lado, autores como Dimaggio e Bonikowski (2008), Van Deursen e Helsper (2015), Zhao, Jiao e Wu (2022), Wang e Shen (2024), Yuan e Zhang (2024), evidenciam que seu uso no ambiente doméstico também pode ter repercussões sobre o emprego e rendimento. Estes efeitos envolvem, por exemplo, o uso para capacitação e aquisição de habilidades a um menor custo e sem restrição de tempo e localidade; geração de renda adicional por meio da qualificação digital; ampliação das redes de contato; e melhoria do processo de busca por informações relacionadas a vagas de emprego e direitos trabalhistas.

Considerando estes fatores, esta subseção apresenta separadamente as principais evidências empíricas sobre os efeitos das tecnologias sobre o mercado de trabalho para os países desenvolvidos e em desenvolvimento, documentando os principais resultados acerca das diferenças entre os digitalizados – indivíduos que possuem acesso e fazem uso produtivo das tecnologias – e não digitalizados, no que diz respeito à participação e ao rendimento no mercado de trabalho.

2.4.1 Estudos realizados para Países Desenvolvidos

De modo geral, a literatura voltada aos países desenvolvidos tem aprofundado o debate acerca dos efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho, com ênfase nas mudanças na demanda por habilidades, nos níveis de emprego e nos diferenciais salariais entre grupos com diferentes níveis de qualificação. No que se refere às Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), a maior parte dos estudos analisam separadamente o impacto do uso da internet ou dos computadores, embora alguns realizem a análise conjunta. Ademais, trabalhos recentes têm analisado os efeitos sobre grupos específicos, como jovens e mulheres, assim como destacado o papel das instituições na mediação desses efeitos, reconhecendo que fatores institucionais e estruturais pode acentuar ou atenuar desigualdades associadas ao uso das tecnologias.

O estudo de Dimaggio e Bonikowski (2008) é primordial nesse debate, ao analisar os efeitos do uso da internet sobre os rendimentos dos trabalhadores nos Estados Unidos, utilizando dados do *Current Population Survey* (CPS) e o método de *Propensity Score Matching* (PSM). Os autores analisam separadamente o efeito do uso da internet em casa e no trabalho. O argumento é que o uso no ambiente profissional está associado a aumento da produtividade, enquanto o uso doméstico pode indicar uma espécie de “capital social” e efeito sinalizador. Foi observado que os usuários frequentes de internet eram majoritariamente jovens, brancos, com maior nível de escolaridade, residentes em áreas metropolitanas e ocupados nos setores de comunicação, educação e serviços. Já os

resultados das estimações indicaram que o uso contínuo da internet estava associado ao aumento no rendimento. Além disso, observaram um efeito positivo independente do ambiente em que utilizavam, porém, sendo de maior magnitude para os que usavam em casa e no trabalho. Os autores concluem que os mecanismos que conectam tecnologia e rendimentos vão além da produtividade no trabalho, desafiando a visão tradicional da teoria do capital humano.

Análise similar é realizada por Atasoy (2013), que investiga os efeitos da expansão do acesso à internet sobre o emprego e os salários nos Estados Unidos, utilizando um modelo de efeitos fixos. Os resultados indicaram efeito positivo sobre a taxa de emprego e salários, especialmente em regiões com maior proporção de trabalhadores com ensino superior, em setores intensivos em mão de obra qualificada – como finanças, tecnologia e serviços técnicos – e em ocupações que exigem maior uso de computadores e internet, corroborando a teoria da mudança tecnológica enviesada por habilidades (*skill-biased technical change*).

Esses resultados são complementados por Peng (2017), que investiga como as habilidades digitais influenciam a empregabilidade dos trabalhadores estadunidenses, com foco no risco de demissão, na probabilidade de reinserção no mercado e no tipo de ocupação obtida após a demissão. Utilizando modelos logit e logit multinomial, o autor observa que trabalhadores com habilidades digitais possuem menor probabilidade de serem demitidos, independentemente do nível de habilidade. Além disso, apresentam maior chance de conseguir um novo emprego, especialmente em cargos gerenciais e profissionais, com benefícios mais expressivos para os mais escolarizados.

Por sua vez, Kristal (2020) realiza um estudo para investigar como o uso de computadores e tecnologias relacionadas impactam a estrutura salarial nos Estados Unidos entre 1979 e 2016. A autora utiliza três estratégias empíricas: uma estimação *cross section* para cada ano de análise; um painel de curto prazo a nível individual; e um painel de longo prazo baseado nas ocupações. O modelo utilizado foi o linear hierárquico, que considera a não independência das observações. Os resultados indicaram que, independentemente da ocupação, os retornos são significativamente maiores para funções que envolvem o gerenciamento e uso de dados – variando entre 5% e 13% e entre 7% e 24%, respectivamente – com tendência de crescimento ao longo do tempo. A autora conclui que o prêmio salarial associado ao uso de tecnologia no trabalho beneficia proporcionalmente mais os indivíduos que já possuem vantagem no mercado.

Diferentemente das análises gerais, Dettling (2016) concentra sua análise nas mulheres casadas nos Estados Unidos, avaliando como o acesso à internet de alta velocidade influencia sua participação no mercado de trabalho. Utilizando dados do *Current Population Survey* (CPS) e a estratégia de variáveis instrumentais, a autora encontra que o acesso à internet em casa aumenta em 4,1 p. p. a participação dessas mulheres no mercado de trabalho, com efeitos mais intensos para aquelas com filhos e ensino superior completo. Para além da participação, foi observado também aumento nas horas trabalhadas e na probabilidade de estar empregada. Entre os principais mecanismos explicativos estão: o teletrabalho – que devido à sua flexibilidade permite as mulheres conciliarem o trabalho e cuidados com a família -, a redução do tempo gasto em tarefas como compras e pagamentos, liberando tempo para o trabalho remunerado, e a facilitação da busca por emprego.

Já em uma perspectiva regional, Ivus e Boland (2015) analisam os efeitos da expansão da internet banda larga sobre o emprego e salários no Canadá. Para lidar com a possível endogeneidade da cobertura de banda larga, os autores utilizam a variação na elevação geográfica como variável instrumental e um modelo de regressão em dois estágios. Os resultados evidenciaram que o desenvolvimento da internet banda larga promove maior crescimento agregado do emprego e salários nas regiões rurais do que nas urbanas, fortalecendo sua viabilidade econômica e reduzindo as disparidades de oportunidade, o que também é corroborado por Atasoy (2013). Na análise setorial observou-se efeito positivo para os setores intensivos em TIC, como serviços profissionais, financeiros, de informação e comunicação, onde a tecnologia atua como complementar e estimula a produtividade, enquanto nos setores de baixa intensidade tecnológica o efeito foi neutro ou levemente negativo.

A partir do conceito de “terceiro nível do gap digital”, o qual se refere às diferenças nos benefícios obtidos com o uso da internet, mesmo entre indivíduos com nível de acesso semelhante, Van Deursen e Helsper (2015) conduzem uma análise exploratória para a Holanda. Os autores argumentam que pessoas com maior escolaridade, renda e status ocupacional tendem a obter mais benefícios da internet, como por exemplo, na realização de capacitações, acesso a empregos melhores, aumento de renda, maior participação política e acesso a informações de saúde. Em contraste, grupos com menor capital social e econômico - como indivíduos com baixa escolaridade ou em situação de desemprego - tendem a obter menos benefícios, mesmo quando utilizam a internet com frequência. Os autores destacam que existe um gap não apenas no acesso, mas na forma de utilização

dessas tecnologias, o que implica na obtenção de benefícios distintos no mercado de trabalho.

Um avanço importante na literatura é realizado por Kristal e Edler (2021), que introduzem a discussão sobre a relevância do papel das instituições e da estrutura setorial na mediação dos efeitos da digitalização. As autoras analisam o prêmio salarial pelo uso de computadores em 20 países desenvolvidos entre 2000 e 2020 e os classificam em três variações de capitalismo: neoliberal, coordenado continental, coordenado nórdico. Para tal análise utilizam um modelo linear hierárquico de dois níveis, que incorpora simultaneamente características individuais e institucionais. Os resultados indicaram um efeito substancial do uso de computadores sobre os salários, sendo o segundo fator mais importante após a educação. Foi identificado um prêmio salarial maior em países liberais como EUA e Reino Unido, e menor nos países nórdicos, mesmo após o controle por educação, ocupação e habilidades cognitivas.

Este resultado, segundo as autoras, decorre do papel das instituições: em economias coordenadas, especialmente as nórdicas, a ampla cobertura e centralização da negociação salarial e o investimento público em educação qualificação tecnológica ampliam a oferta de trabalhadores capacitados, reduzindo as desigualdades salariais. Em contraste, nos países liberais, com mercado de trabalho mais flexíveis, menor proteção social e ênfase na negociação individual, somadas ao menor investimento público em educação e sistemas educacionais mais estratificados acentuam a escassez de trabalhadores com habilidades digitais, o que resulta em maiores prêmios salariais pelo uso de computadores.

Na esteira da discussão sobre os efeitos empíricos da digitalização sobre o mercado de trabalho em países desenvolvidos, Hötte, Somers e Theodorakopoulos (2023) realizam uma revisão sistemática da literatura nas últimas quatro décadas. Os autores analisam diferentes tipos de tecnologia e identificam três mecanismos pelos quais a tecnologia afeta o emprego: efeito substituição, efeito de reintegração e efeito sobre a renda real. De modo geral, a revisão indica que, embora a tecnologia tenha potencial para substituir empregos, os mecanismos compensatórios tendem a mitigar ou até superar os efeitos negativos. No caso específico das tecnologias da informação e comunicação (TICs), os autores encontraram efeito substituição em ocupações rotineiras, mas também a criação de ocupações cognitivas e no setor de serviços, com efeito líquido predominantemente positivo ou, em alguns casos, ambíguos. Por fim, os autores destacam que os benefícios das mudanças tecnológicas não se distribuem de maneira uniforme, favorecendo sobretudo trabalhadores com alta qualificação e ocupações não rotineiras.

Complementando essa abordagem, You (2024) realiza uma análise comparativa dos efeitos da transformação digital sobre o emprego e renda em 68 países, entre 2013 e 2019, distinguindo os resultados entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Utilizando regressão em painel com efeitos fixos e um indicador composto por quatro dimensões (tecnologia, infraestrutura, mercado e governança digital), o autor identifica que, nos países desenvolvidos, a digitalização não afeta significativamente o nível de emprego, mas exerce efeito positivo e significativo sobre os salários. Esse resultado é atribuído à maior qualificação da força de trabalho e à estrutura industrial mais avançada desses países. Ademais, o autor destaca que, em países com mercados maiores e com maior participação do setor de serviços e indústrias intensivas em conhecimento, o efeito substituição da digitalização sobre o emprego é mitigado, enquanto o impacto positivo sobre os salários é ampliado.

De modo similar, Richiardi et al. (2025) desempenham uma análise comparativa entre países, mas foco na União Europeia. Os autores utilizaram um painel longitudinal, abrangendo o período de 2010 a 2019. Os resultados indicaram que o impacto da digitalização sobre emprego e salários varia conforme as características individuais dos trabalhadores, como o nível de educação formal. Foi observado efeito mais forte das habilidades digitais para os indivíduos com baixa e média escolaridade. O efeito reduzido para os indivíduos com alta escolaridade é creditado ao fato de que possuir habilidades digitais é menos significativo como um fator de diferenciação entre os indivíduos desse grupo. Além disso, indivíduos desempregados com habilidades digitais apresentaram maior probabilidade de conseguir um emprego e acessar ocupações mais bem remuneradas, em comparação aos indivíduos semelhantes com menos habilidades digitais.

A partir das evidências empíricas apresentadas, observa-se que, nos países desenvolvidos, a digitalização tem produzido efeitos mais consistentes sobre os salários do que sobre o nível de emprego. Nesse contexto, destaca-se o prêmio salarial associado ao domínio de tecnologias no mercado de trabalho, embora esses efeitos variem de acordo com a estrutura institucional e setorial de cada país. De modo geral, trabalhadores com maior nível de qualificação, inseridos em ocupações não rotineiras, e setores industriais intensivos em conhecimento, tendem a se beneficiar mais das mudanças tecnológicas. Esse cenário evidencia que a digitalização apresenta, simultaneamente, benefícios e desafios, exigindo a formulação de políticas públicas que, ao mesmo tempo, fomentem a inovação e assegurem condições adequadas da força de trabalho. A seguir, apresenta-se o Quadro 1 com a síntese das evidências empíricas apresentadas nesta subseção.

Na próxima subseção, discute-se como essa dinâmica se manifesta em países em desenvolvimento, onde persistem barreiras estruturais relacionadas à infraestrutura, à desigualdade de acesso e ao uso efetivo das tecnologias.

Quadro 1 - Síntese das evidências empíricas para países desenvolvidos

Autores (Ano)	Abrangência	Variável dependente	Tipo de estimação	Período	Principais resultados
Dimaggio e Bonikowski (2008)	EUA	Rendimento do trabalho	Propensity Score Matching (PSM)	2000-2001	O uso da internet aumenta os rendimentos individuais; efeito mais forte entre trabalhadores com maior escolaridade, confirmando a hipótese de mudança tecnológica enviesada por habilidades.
Atasoy (2013)	EUA	Emprego e salários	Modelo de Efeitos Fixos	1999-2007	Efeito positivo da expansão de internet sobre empregos e salários, especialmente em regiões com maior proporção de trabalhadores com ensino superior e ocupações que exigem maior uso de computadores e internet.
Ivus e Boland (2015)	Canadá	Emprego e salários	Regressão em dois estágios com variável instrumental	1997-2011	A expansão da internet aumentou o crescimento do emprego e salários nas regiões rurais, especialmente em setores de serviços e indústria intensiva em TI, enquanto nas regiões urbanas o efeito foi neutro ou negativo.
Van Deursen e Helsper (2015)	Holanda	Benefícios Econômicos, Sociais e Culturais	Regressão Linear (MQO)	2013	As habilidades digitais afetam significativamente os benefícios econômicos e sociais que os indivíduos obtêm e tendem a favorecer aqueles que já estão em posição econômica mais favorável, com maior escolaridade e renda.
Dettling (2016)	EUA	Participação de mulheres casadas no mercado de trabalho	Regressão em dois estágios com variável instrumental	1997-2011	O acesso à internet de alta velocidade aumentou significativamente a participação das mulheres casadas no mercado de trabalho, especialmente aquelas com filhos e ensino superior completo.
Peng (2017)	EUA	Perda de emprego e reinserção	Modelos logit e logit multinomial	2003 e 2004	Possuir habilidades digitais reduzem o risco de demissão e aumentam as chances de conseguir um novo emprego, especialmente entre os mais escolarizados.
Kristal (2020)	10 países da OCDE	Salário por hora	Regressão OLS e análise comparativa entre países	2011-2015	Uso de computador no trabalho aumenta salários, sendo esse efeito moderado por instituições trabalhistas. O <i>computer wage premium</i> é mais alto em economias liberais e menor em países com alta cobertura sindical.

Kristal e Edler (2021)	Países desenvolvidos (OCDE)	Diferença salarial entre digitalizados e não digitalizados	Regressão comparativa entre grupos	2000–2020	O “ <i>computer wage premium</i> ” é mediado por instituições nacionais: países com negociação coletiva ampla e proteção social robusta têm menor desigualdade salarial; economias liberais exibem maior dispersão de rendimentos.
Hötte, Somers e Theodorakopoulos (2023)	Países desenvolvidos	Emprego	Revisão de literatura sistemática	1988–2021	Identificam três mecanismos de impacto da tecnologia (substituição, reintegração e renda real). Nas TICs, há substituição em ocupações rotineiras, mas criação de empregos cognitivos e de serviços. Efeito líquido geralmente positivo.
You (2024)	68 Países (Desenvolvidos e em desenvolvimento)	Taxa de emprego e salário médio	Regressão em Painel com Efeitos Fixos e Momentos Generalizados (GMM)	2013–2019	A digitalização tem efeitos distintos conforme o nível de desenvolvimento econômico. Nos países desenvolvidos, possui efeito positivo sobre emprego e salários, enquanto nos países em desenvolvimento reduz o emprego e tem efeito salarial insignificante.
Richiardi et al. (2025)	União Europeia	Emprego e salário	Painel longitudinal	2010–2019	A digitalização afeta positivamente o emprego de trabalhadores com baixa e média escolaridade; efeito salarial mais forte para quem possui habilidades digitais.

Fonte: Elaboração Própria.

2.4.2 Estudos realizados para Países em Desenvolvimento

Nos países em desenvolvimento, os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho tendem a ser mediados pelas desigualdades estruturais pré-existentes. Diferentemente das economias avançadas, em que a difusão tecnológica ocorre em ambientes com maior homogeneidade da infraestrutura e qualificação da força de trabalho, nestes países esse processo tende a ser mais assimétrico, apresentando efeitos heterogêneos entre os grupos sociais, regiões e setores produtivos.

De modo geral, a literatura para países em desenvolvimento indica que a digitalização exerce efeitos positivos sobre os salários, ainda que seus efeitos sobre o emprego sejam mais ambíguos, com alguns autores encontrando resultados positivos e outros negativos. Apesar dessa heterogeneidade, há uma maior predominância na evidência de que a digitalização beneficia mais os trabalhadores com maior nível de escolaridade, o que reforça a hipótese da mudança tecnológica enviesada por habilidades (*Skill-Biased Technical Change - SBTC*).

Um dos estudos pioneiros na América Latina é o de Navarro (2010), que analisa os efeitos do uso da internet sobre os rendimentos em seis países – Brasil, Chile, Costa Rica, Honduras, México e Paraguai, utilizando o *Propensity Score Matching (PSM)*. Os resultados indicaram que o uso de internet está relacionado a um aumento significativo nos rendimentos em quase todos os países da amostra, sendo esse efeito mais elevado para trabalhadores urbanos e indivíduos com maior escolaridade, confirmando a hipótese de *Skill-biased Technological Change (SBTC)*. O estudo ainda mostra que o uso combinado da internet no trabalho e em casa gera retornos maiores do que seu uso em apenas um dos ambientes, representando uma combinação de aumento de produtividade e aquisição de competências digitais.

Utilizando o mesmo método econométrico, Martin (2016) avalia os efeitos do uso da internet e do local de uso sobre os rendimentos do trabalho na Colômbia. Além de estimar o impacto médio, o autor analisa a heterogeneidade dos efeitos conforme o tipo de acesso e o nível de qualificação. Os resultados indicam um efeito positivo e significativo do uso da internet sobre o rendimento do trabalho. Além disso, foi observado que aqueles que utilizam no ambiente de trabalho recebem cerca de 28% a mais do que os não usuários e que aqueles que utilizam em casa recebem 17,4%. Ademais, os efeitos são mais elevados entre trabalhadores com baixa e alta qualificação, que se beneficiam mais do uso da internet em comparação aos indivíduos com média qualificação.

Dando continuidade à análise para a América Latina, Oosterbeek e Ponce (2011) argumentam que o prêmio salarial associado ao uso de tecnologia pode ser maior nesses contextos que nos países desenvolvidos. Para investigar essa hipótese, os autores utilizam dados em painel para o Equador e estimam regressões MQO e modelos de efeitos fixos, a fim também de verificar se a relação entre uso de computadores e rendimento tem causalidade. Os resultados iniciais indicaram que o uso de computador estava associado a um aumento salarial de 20% a 40%, dependendo da especificação. No entanto, ao controlar por características do trabalhador, da firma e do cargo, o prêmio salarial apresentou queda significativa e deixou de ser estatisticamente significativo.

Em um estudo realizado para o México, Torres García e Ochoa Adame (2018) analisam as implicações do uso de TICs no trabalho sobre os diferenciais salariais. Os autores destacam que o uso de tecnologia constitui um elemento de diferenciação salarial tão relevante quanto escolaridade, especialmente em um contexto em que apenas 35,8% dos domicílios possuíam computador no período analisado. Com base em estimações por MQO e correção de viés de seleção de Heckman, os autores identificam um diferencial salarial positivo e significativo em favor dos usuários de TICs, chegando a ser de 13% quando a tecnologia é utilizada no local de trabalho. Além disso, verificam que os retornos salariais associados ao uso de tecnologias variam conforme a ocupação, sendo mais elevados entre trabalhadores ocupados como diretores e chefes.

Ampliando a discussão para outras regiões em desenvolvimento, Ebaidalla (2015) investiga os efeitos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) sobre o desemprego juvenil em países do Oriente Médio e Norte da África. O autor utiliza o método de Momentos Generalizados (GMM), que permite controlar efeitos específicos de cada país e corrigir problemas de endogeneidade. Os resultados indicaram que tecnologias como a internet possuem efeito negativo e estatisticamente significativo sobre o desemprego entre os jovens, sendo esse impacto mais pronunciado entre os homens, o que sugere disparidades de acesso e benefícios das tecnologias entre os gêneros. O autor destaca que a tecnologia pode aumentar a produtividade e estimular o surgimento de novas atividades econômicas capazes de absorver os jovens trabalhadores desempregados.

Complementando as evidências para a região, Hjort e Poulsen (2019) realizam um estudo sobre os efeitos da internet de alta velocidade sobre o emprego e renda em doze países africanos. Os autores utilizaram o método de diferenças-em-diferenças com efeitos fixos, a partir de dados de indivíduos e firmas. Os resultados indicaram que a probabilidade de um indivíduo estar empregado aumentou entre 7% e 13% nas regiões cobertas pela

internet de alta velocidade, além de elevar a probabilidade de inserção em ocupações mais qualificadas. Também foi observado um efeito positivo e significativo sobre o emprego formal, mas não significativo para o informal e que o efeito foi mais pronunciado para setores intensivos em tecnologia, como finanças e serviços. Além disso, a internet contribui para reduzir as desigualdades nas chances de inserção laboral entre diferentes níveis de qualificação. Os autores sugerem que o surgimento de ocupações tecnológicas voltadas a trabalhadores com maior escolaridade pode impulsionar a criação de ocupações complementares que sejam realizadas por trabalhadores com menor nível de qualificação.

Entre os países em desenvolvimento, a Ásia, em especial a China, concentra boa parte das evidências recentes. Neste sentido, Zhao, Jiao e Wu (2022) investigam se o uso da internet contribui para reduzir a distorção salarial no mercado de trabalho na China, definida como a diferença entre o salário real recebido e o salário potencial correspondente à produtividade marginal do trabalhador. Utilizando a equação de Mincer combinada a três métodos de análise - Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), análise de fronteira estocástica e Tobit - os autores observaram que o uso da internet reduz a distorção salarial, especialmente entre homens, residentes em áreas urbanas e pessoas com maior nível de escolaridade, embora persista uma diferença entre os indivíduos com e sem acesso à internet. Para lidar com possíveis problemas de endogeneidade, os autores utilizam o método de *Momentos Generalizados* (GMM) e *Propensity Score Matching* (PSM), que confirmou o efeito causal do uso da internet na redução da distorção salarial. O efeito é atribuído à maior eficiência na busca por emprego e à melhoria na correspondência entre trabalhador e vagas disponíveis.

Complementando essa perspectiva, Si e Li (2023) direcionam a análise do impacto da internet sobre os salários dos trabalhadores chineses para o mercado informal. Para lidar com possíveis vieses de seleção e endogeneidade, os autores utilizam o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e um modelo de Regressão com Mudança Endógena (RME). Os resultados da regressão por MQO indicaram um efeito positivo de até 14,5% do uso da internet sobre os salários dos trabalhadores informais, mesmo após controlar pelas características individuais e familiares. Já a análise contrafactual com o modelo RME revelou que os trabalhadores informais que utilizavam internet recebiam, em média, 69,5% a mais do que receberiam se não a utilizassem. Além disso, caso os trabalhadores informais que não utilizavam internet passassem a utilizá-la, seus salários mais que dobrariam. Por fim, os autores verificaram que o efeito é de maior magnitude para homens, trabalhadores com ensino superior, maior experiência profissional e residentes de áreas urbanas.

Essa discussão é ampliada por Yuan e Zhang (2024), ao analisar o impacto do uso de internet sobre os rendimentos dos trabalhadores chineses considerando não apenas o uso, mas também a frequência e os diferentes tipos de utilização da internet. Por meio de diferentes estratégias – MQO e modelos de contagem (ZINB e CMP) - os resultados indicaram que uma maior frequência de uso da internet aumenta a probabilidade de obtenção de renda mais elevada, independente do gênero. Além disso, preferências de uso têm efeitos distintos: redes sociais para apresentação pessoal, acesso à informação e atividades comerciais online apresentaram retornos maiores sobre os rendimentos, enquanto uso para entretenimento possui efeito menor. Os autores também observaram efeito mais forte para os residentes em áreas urbanas e que quanto maior o nível educacional, maiores os ganhos salariais associados ao uso da internet, evidenciando um padrão compatível com a teoria da mudança tecnológica enviesada por habilidades (*skill-biased technological change*).

Já em uma perspectiva comparativa entre países, You (2024) analisa os impactos da transformação digital sobre o emprego em países desenvolvidos e em desenvolvimento entre 2013 e 2019. Utilizando o método de painel com efeitos fixos, o autor identificou um efeito negativo da transformação digital sobre o emprego em países em desenvolvimento. Esse resultado é atribuído à menor qualificação da força de trabalho e à estrutura industrial menos avançada. Por outro lado, não foi observada significância estatística na relação entre digitalização e salários. Além disso, foi verificado que em contexto de transformação digital o nível de qualificação aumenta substancialmente os salários e que o tamanho do mercado e o nível de estrutura industrial do país reduz significativamente o efeito substituição.

Aprofundando esse debate, Sinha *et al.* (2023) realizam uma análise comparativa dos efeitos da digitalização e do investimento direto estrangeiro (IED) sobre o nível de emprego em 70 países em desenvolvimento entre 2001 e 2019. Utilizando a estratégia de painel dinâmico com estimativas via GMM (*Generalized Method of Moments*), os autores observaram que tanto o IED quanto a digitalização exercem efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre o emprego, embora o efeito da digitalização se mostre mais forte e consistente. Adicionalmente, foi observado que a digitalização - mensurada pela capacidade de banda larga por usuário – apresentou efeitos ainda mais intensos em países com baixos níveis de IED e digitalização, sugerindo que, quando acompanhada de políticas adequadas de capacitação e inclusão, a digitalização pode ser especialmente eficaz em países menos avançados.

Para além da análise do acesso às tecnologias, autores como Azam, Emran e Shilpi (2024) investigam os efeitos das habilidades em Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) sobre os resultados no mercado de trabalho na Índia. Os autores desenvolvem uma estratégia baseada na metodologia de variáveis instrumentais, explorando a expansão de torres de celular como fonte exógena do acesso à internet. Os resultados indicaram que o aumento no índice de habilidades digitais estava associado a maior probabilidade de inserção no mercado formal, redução na probabilidade de trabalho por conta própria e do trabalho diário informal. Adicionalmente, o aprimoramento das habilidades digitais também esteve relacionado ao aumento do gasto familiar per capita, sendo a busca por emprego online um canal importante para a relação entre habilidades em tecnologias e inserção laboral.

Na mesma linha de análise dos efeitos diferenciais, Thi, Ngoc e Quang (2024) analisam como o uso de tecnologias da informação no ambiente de trabalho influencia as disparidades salariais entre diferentes grupos de trabalhadores no Vietnã. Os autores empregam uma combinação de regressão quantílica com decomposição de Oaxaca-Blinder. Os resultados indicaram que, para além de fatores tradicionais como escolaridade, gênero e região de residência, o uso de tecnologia possui efeito significativo sobre os rendimentos. Trabalhadores que utilizam de tecnologias tendem a apresentar salários mais elevados, sendo que o efeito positivo da escolaridade é ainda mais pronunciado para este grupo. Além disso, os autores observaram que a desigualdade de rendimento de gênero é menos acentuada entre os usuários de tecnologia, assim como a disparidade salarial entre região urbana e rural.

Diferentemente dos estudos anteriores, que abordam os efeitos gerais da digitalização sobre o mercado de trabalho, Ahmad *et al.* (2024) concentram-se especificamente na relação entre digitalização e emprego feminino em países asiáticos em desenvolvimento. Para mensurar a digitalização, os autores utilizaram cinco indicadores: assinaturas de telefone fixo, de banda larga fixa, de celular, número de servidores seguros de internet e proporção de usuários de internet, aplicados nas estimativas por meio de um painel autorregressivo. Os resultados indicaram que tanto a digitalização quanto a economia digital exercem efeitos positivos e significativos sobre o emprego feminino, especialmente no longo prazo. Os autores destacam que o acesso à internet e à infraestrutura digital pode contribuir para maior equidade de gênero, ao ampliar as oportunidades de trabalho por meio de formatos flexíveis, reduzindo barreiras tradicionais enfrentadas pelas mulheres, como a conciliação entre trabalho e cuidado familiar.

Estudos para o Brasil também corroboram a relevância da digitalização no mercado de trabalho. Neste sentido, Reis, Ambrozio e Machado (2011) utilizam dados da PNAD para analisar a relação entre o uso de tecnologia no ambiente de trabalho e os rendimentos. Os autores utilizaram o método de Mínimos Quadrados Ponderados (MQP) para as estimações, além de realizarem uma análise contrafactual para simular a distribuição de rendimentos dos trabalhadores que não utilizavam internet, caso fossem remunerados como os que a utilizavam. Os autores identificaram que o acesso à internet e a computadores no local de trabalho estava associado a um diferencial de rendimentos de quase 250%. Os trabalhadores que utilizavam essas tecnologias apresentavam, em média, cinco anos a mais de escolaridade, maior inserção formal no mercado de trabalho e maior acesso à internet em casa. Os resultados econométricos indicaram que o rendimento por hora era entre 42% e 64% maior para usuários da tecnologia no trabalho. A simulação contrafactual indicou que os rendimentos aumentariam em toda a distribuição caso os trabalhadores que não utilizavam a tecnologia passassem a utilizá-la.

Com o foco no nível das firmas, Poliquin (2020) utiliza dados da RAIS para investigar os efeitos da adoção de internet banda larga pelas firmas sobre o salário e desigualdade de renda. Utilizando o método de diferenças-em-diferenças com efeitos fixos, além de regressões quantílicas, o autor encontrou um aumento médio de 2,2% nos salários após a adoção de internet banda larga pelas firmas, apresentando robustez em diferentes especificações. Os efeitos se mostraram heterogêneos, sendo mais intensos entre trabalhadores em ocupações cognitivas não rotineiras ou que exigem o uso de tecnologias, em comparação àqueles em atividades rotineiras. Por fim, os autores observaram que a adoção da internet banda larga ampliou mais a desigualdade de rendimentos entre os trabalhadores do topo da hierarquia em relação à base.

De forma complementar, Dutz *et al.* (2017) também utiliza dados da RAIS e o método de diferenças-em-diferenças para verificar os efeitos da expansão da internet sobre o emprego e os salários, mas com foco na análise setorial dos impactos. O autor encontrou efeitos positivos sobre o emprego nos setores de transporte e armazenamento, finanças e seguros, hospedagem e alimentação e indústria manufatureira, enquanto o comércio, administração pública e utilidades tiveram efeito negativo. Em relação aos salários, observou-se efeitos positivos nos setores de agricultura, hotelaria, imobiliário e educação, e negativos nos setores de utilidades, transporte e armazenamento e administração pública. Os resultados sugerem que a internet favoreceu setores e ocupações com maior potencial

de expansão da capacidade produtiva e maior complementariedade com tecnologias digitais, enquanto penalizou setores mais estáticos e ocupações com tarefas mais rotineiras.

Em conjunto, as evidências indicam que, nos países em desenvolvimento, os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho são amplos e heterogêneos. Por um lado, a digitalização pode reforçar desigualdades já existentes; por outro, pode criar oportunidades de emprego e ganhos de rendimento. Esses efeitos interagem com fatores como o grau de formalidade do mercado de trabalho, o nível de qualificação da força de trabalho e a infraestrutura tecnológica disponível.

Nesse contexto, os resultados reforçam a importância de políticas públicas que assegurem o acesso equitativo às tecnologias digitais e promovam a capacitação dos trabalhadores às transformações em curso. Além disso, observa-se uma lacuna na literatura quanto à análise dos efeitos a nível individual da digitalização sobre o mercado de trabalho, considerando as suas especificidades em termos de qualificação e formalidade, em países marcados por profundas desigualdades como o Brasil . Compreender como o acesso e uso de tecnologias influenciam a ocupação e rendimentos é essencial para fomentar estratégias de desenvolvimento mais inclusivas. A seguir, apresenta-se o Quadro 2 com a síntese das evidências empíricas apresentadas nesta subseção.

Quadro 2 - Síntese das evidências empíricas para países em desenvolvimento

Autores (Ano)	Abrangência	Variável dependente	Tipo de estimação	Período	Principais resultados
Navarro (2010)	6 países da América Latina	Rendimentos individuais	Propensity Score Matching	2005, 2006 e 2007	Efeito positivo do uso da internet sobre os rendimentos na maioria dos países analisados. Magnitude do efeito maior do que os estimados para países desenvolvidos.
Martin (2016)	Colômbia	Rendimento do Trabalho	Mínimos quadrados ordinários (MQO) e Propensity Score Matching (PSM)	2009-2011	Uso da internet tem efeito positivo e significativo com o rendimento. O prêmio salarial é maior para quem usa internet no trabalho e para trabalhadores de baixa e alta qualificação.
Oosterbeek e Ponce (2011)	Equador	Salários	Mínimos quadrados ordinários (MQO) e Paineis com Efeitos Fixos	2006-2007	O uso de computadores apresentou inicialmente efeito causal de 20% a 40% nas especificações de salários, mas ao controlar por características individuais dos trabalhadores perdeu a significância.
Torres García e Ochoa Adame (2018)	México	Salários individuais	Mínimos quadrados ordinários (MQO) e Correção de Heckman	2014	Existe um prêmio salarial associado ao uso das TIC. O uso de tecnologia no trabalho gera um prêmio de até 13%; uso diário de computador aumenta em 8%; e os efeitos são maiores em ocupações com maior qualificação.
Ebaidalla (2015)	17 países do Oriente Médio e Norte da África	Desemprego juvenil	Painel dinâmico via Momentos Generalizados (GMM)	1997-2012	Internet possui efeito redutor sobre o desemprego de jovens, sendo o impacto mais pronunciado entre homens.
Hjort e Poulsen (2019)	12 países da África	Emprego e renda	Dif-in-dif com efeitos fixos	2006-2014	Chegada da internet de alta velocidade aumenta significativamente a taxa de emprego, e em especial a participação em empregos qualificados, além de aumentar a renda média nas áreas tratadas.
Zhao, Jiao e Wu (2022)	China	Distorção Salarial (diferença entre o salário real recebido e o potencial)	MQO, Análise de fronteira estocástica, Tobit, 2SLS, GMM e PSM	2016	Uso de internet reduz a distorção salarial, especialmente entre homens, residentes de região urbana e com melhor educação, embora persista diferença entre os indivíduos com e sem acesso à internet.

Si e Li (2023)	China	Salários no mercado informal	MQO e modelo de Regressão com mudança endógena (RME)	2018	Efeito positivo do uso de internet sobre os salários dos trabalhadores informais. Análise contrafactual indica que os trabalhadores informais recebiam cerca de 69,5% a mais do que receberiam caso não a utilizassem.
Yuan e Zhang (2024)	China	Rendimento	MQO e modelos de contagem (ZINB e CMP)	2017	Maior frequência de uso de internet aumenta a renda, com retornos maiores do uso para negócios online, acesso à informação e redes sociais. O efeito é mais forte para pessoas com maior escolaridade e residentes em áreas urbanas.
Sinha <i>et al.</i> (2023)	70 países em desenvolvimento	Emprego	Painel dinâmico via Momentos Generalizados (GMM)	2001-2019	Efeito da digitalização sobre o nível de emprego se mostrou mais forte do que o efeito do investimento direto estrangeiro, sendo este efeito mais intenso em países com baixo nível de digitalização.
Azam, Emran e Shilpi (2024)	Índia	Resultados no mercado de trabalho	Regressão com variáveis instrumentais	2020-2021	O aumento no índice de habilidades em TICs estava associado a maior probabilidade de inserção no mercado formal e redução na probabilidade de trabalho por conta própria.
Thi, Ngoc e Quang (2024)	Vietnã	Disparidades Salariais entre trabalhadores que utilizam e não utilizam tecnologia	Regressão quantílica com decomposição de Oaxaca-Blinder	2022	Trabalhadores que utilizam tecnologias tendem a apresentar salários superiores aos não-usuários. Além disso, a desigualdade de rendimento de gênero é menos acentuada entre os usuários de tecnologia.
Ahmad <i>et al.</i> (2024)	16 países asiáticos	Taxa de emprego feminino	Painel autorregressivo	1990-2021	A digitalização e a economia digital exercem efeitos positivos e significativos sobre o emprego feminino, especialmente no longo prazo.
Reis, Ambrozio e Machado (2011)	Brasil	Rendimento do trabalho principal	Mínimos Quadrados Ponderados (MQP)	2005 e 2008	O acesso à internet e computador no local de trabalho tem efeito positivo sobre os rendimentos. O retorno salarial é maior para aqueles que exercem atividades com maior intensidade tecnológica, acentuando desigualdades salariais entre perfis ocupacionais.

Poliquin (2020)	Brasil	Salário	Regressões Quantílicas e Dif-in-dif	2000-2008	A adoção de internet banda larga pelas firmas levou a aumento nos salários, sendo os maiores ganhos para ocupações não-rotineiras e cognitivas.
Dutz <i>et al.</i> (2017)	Brasil	Indicadores do mercado de trabalho	Dif-in-dif com efeitos fixos	2000-2014	Impacto setorial heterogêneo da internet sobre emprego e salários. A internet favoreceu setores e ocupações com maior complementariedade às tecnologias digitais, enquanto penalizou setores mais estáticos.

Fonte: Elaboração Própria.

3 METODOLOGIA

Esta seção dedica-se a apresentar a metodologia que será utilizada para estimar o efeito da digitalização sobre a ocupação e rendimento no mercado de trabalho brasileiro, bem como a definição das variáveis utilizadas e a descrição da base de dados. O objetivo é utilizar uma estratégia que permita isolar os efeitos da digitalização de outras características socioeconômicas observáveis, como escolaridade, idade, região, setor de ocupação e outros fatores, sobre a ocupação e o rendimento dos trabalhadores. Para isso, será aplicado o *Propensity Score Matching (PSM)*, método de inferência causal que permite construir um contrafactual para os indivíduos digitalizados, isto é, um grupo de controle comparável em termos de características observáveis, possibilitando a estimação do efeito médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT).

3.1 Definição da estratégia metodológica

Avaliar o efeito da digitalização – definida neste estudo como o uso produtivo de internet e computador – sobre a ocupação e rendimento dos indivíduos apresenta dois desafios: i) endogeneidade: assim como a digitalização pode influenciar o nível de ocupação e rendimento, a relação inversa também pode ser verdadeira; ii) viés de seletividade amostral: os indivíduos que fazem uso dessas tecnologias podem apresentar características que já os tornam mais prováveis de terem maior nível de ocupação e rendimento, independente do acesso à elas, como maior nível de escolaridade, experiência, região e setor de ocupação. O *Propensity Score Matching (PSM)* se apresenta como um método apropriado para superar obstáculos, ao permitir estimar o efeito causal da digitalização sobre o mercado de trabalho controlando por características observáveis potencialmente correlacionados tanto com a digitalização quanto com os resultados no mercado de trabalho.

3.2 O *Propensity Score Matching* como método de inferência causal

Conforme destacado por Heinrich, Maffioli e Vázquez (2010), o principal desafio em avaliações de impacto é a construção de um resultado contrafactual, ou seja, o que teria ocorrido com os indivíduos tratados caso não tivessem recebido o tratamento. Como esse resultado não é observável, é necessário estimá-lo utilizando métodos estatísticos. Um dos métodos que permite realizar essa análise contrafactual é o *Propensity Score Matching (PSM)*, proposto por Rosenbaum e Rubin (1983).

O *Propensity Score Matching (PSM)* é um método de avaliação não experimental que utiliza informações de um grupo de indivíduos que não receberam o tratamento - neste estudo, a digitalização - para estimar o que teria ocorrido com os indivíduos tratados na ausência do tratamento. Ao comparar os resultados entre tratados e não tratados com escores de propensão semelhantes, calculados a partir de um conjunto de características observáveis semelhantes, é possível estimar o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT).

Formalmente define-se o tratamento como uma variável *dummy* D_i , que assume valor 1 se o indivíduo é digitalizado e 0, caso contrário. Os resultados potenciais são representados por $Y_i(1)$ e $Y_i(0)$, em que:

- $Y_i(1)$: resultado potencial (ocupação e rendimento) se o indivíduo for digitalizado;
- $Y_i(0)$: resultado potencial se o indivíduo não for digitalizado.

Para mensurar a digitalização individual, construiu-se uma variável de interação que assume valor 1 quando o indivíduo simultaneamente utiliza internet para envio e/ou recebimento de e-mails e possui computador; e 0 caso contrário. A escolha de combinar essas duas condições visa captar não apenas o acesso às tecnologias, mas também a capacidade efetiva de uso produtivo das tecnologias digitais, tanto para fins de qualificação profissional quanto para o exercício de atividades laborais.

A posse de computador amplia as possibilidades de uso e a complexidade das atividades digitais que podem ser realizadas, indo além do uso básico e predominantemente recreativo de dispositivos móveis. O computador está mais associado a tarefas de natureza produtiva, como redação de documentos, análises de dados e comunicação profissional, exigindo um maior nível de habilidades digitais. Por sua vez, o envio e recebimento de e-mails é comumente utilizado na literatura como um indicador de comunicação formal e de inserção em fluxos de trabalho digitalizados, refletindo maior inserção em rotinas de estudo e trabalho mediadas por Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A pergunta sobre envio e recebimento de e-mails já capta o uso de internet, uma vez que é respondida apenas por indivíduos que relatam ter acesso à internet.

Sendo assim, o uso conjunto desses recursos oferece uma *proxy* mais abrangente e robusta para a mensuração da digitalização individual, refletindo tanto o potencial de qualificação quanto a capacidade de desempenhar atividades laborais mediadas por TICs. Essa abordagem avança em relação a estudos anteriores sobre digitalização e mercado de trabalho, os quais frequentemente utilizam apenas uma dessas características de forma isolada como indicador.

Desta forma, o efeito do tratamento para o indivíduo i pode ser expresso como:

$$\delta_i = Y_i(1) - Y_i(0) \quad (1)$$

Como não é possível observar simultaneamente $Y_i(1)$ e $Y_i(0)$ para o mesmo indivíduo, estima-se o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT), definido como:

$$ATT = E[Y_i(1) - Y_i(0) | D_i = 1] \quad (2)$$

Uma vez que a média das diferenças pode ser escrita como a diferença entre as médias, a expressão acima pode ser reescrita como:

$$ATT = E[Y_i(1) | D_i = 1] - E[Y_i(0) | D_i = 1] \quad (3)$$

Onde o segundo termo representa o resultado médio que os indivíduos tratados obteriam caso não tivessem recebido o tratamento, o que não é diretamente observável. Para estimar esse contrafactual, uma forma simples de pareamento seria comparar diretamente tratados e não tratados com os mesmos valores de características observáveis. No entanto, quando o número de variáveis é elevado, tal abordagem pode não ser viável. Essa limitação é superada através da estratégia de Rosenbaum e Rubin (1983), ao comparar as unidades com base no escore de propensão, definido como a probabilidade de um indivíduo receber o tratamento dado um conjunto de características observáveis X_i :

$$P(X_i) = Pr(D_i = 1 | X_i) \quad (4)$$

Com base nessa probabilidade, o ATT pode ser estimado condicionalmente ao escore de propensão:

$$ATT = E[Y_i(1) | D_i = 1, P(X_i)] - E[Y_i(0) | D_i = 0, P(X_i)] \quad (5)$$

Ou seja, o ATT é estimado como a diferença média nos resultados entre grupo tratado e grupo de controle, condicional à probabilidade do indivíduo ser digitalizado com base em um conjunto de características observáveis.

Para que a aplicação do PSM seja válida, duas condições são necessárias:

- i) Independência Condicional: Existe um conjunto de covariáveis observáveis X tal que, após controlar por essas covariáveis, o resultado potencial é independente do status de tratamento. Essa hipótese pode ser relaxada quando o interesse é estimar o ATT. Neste caso, é suficiente assumir que o resultado contrafactual $Y_i(0)$ dos indivíduos tratados pode ser inferido a partir daqueles não tratados com características equivalentes. Formalmente:

$$Y_i(0) \perp D_i | X_i, \quad \text{para } D_i = 1 \quad (6)$$

- ii) Condição de suporte comum: Para cada valor possível de X , deve haver probabilidade positiva de encontrar indivíduos tratados e não tratados, garantindo que cada unidade tratada possa ser pareada com uma unidade não tratada. Quando o interesse é estimar o ATT, exige-se apenas que existam controles com escore de propensão semelhante aos tratados, não sendo necessário que o inverso ocorra.

3.3 Etapas do *Propensity Score Matching*

O PSM sumariza, em um único escore de propensão, todas as informações relevantes contidas no vetor de covariáveis X , de modo que, condicionalmente a um dado um valor do *score*, a distribuição de X seja a mesma para os grupos tratado e de controle. A estimação do PSM segue as etapas que estão descritas a seguir.

3.3.1 Estimação do *propensity score*

O escore de propensão é estimado, em geral, por um modelo de escolha binária, como *logit* ou *probit*, uma vez que a variável de tratamento é dicotômica, ou seja, assume valor 1 se o indivíduo é tratado e 0 caso contrário. A especificação correta do modelo é fundamental para assegurar que o grupo de comparação seja adequado e que a hipótese de independência condicional se sustente. É necessário incluir no vetor de covariáveis todas as características que influenciam simultaneamente a probabilidade de tratamento e os resultados de interesse.

3.3.2 Escolha do algoritmo de pareamento

Para estimar o escore, é necessário definir a técnica de pareamento adequada para formar pares entre tratados e não tratados. Entre os principais algoritmos destacam-se o *Nearest Neighbor Matching*, o *Caliper Matching* e o *Kernel Matching*.

Neste trabalho será utilizado a combinação dos dois primeiros algoritmos. O *Nearest Neighbor Matching* pareia cada indivíduo tratado ao controle com escore mais próximo baseado, enquanto o *Caliper Matching* estabelece um limite máximo de distância para considerar um controle como par. Para este estudo será considerado um *caliper* de 0.05, de modo a restringir a diferença aceitável no escore entre pares. Essa combinação permite evitar pareamentos de baixa qualidade, ou seja, impede que indivíduos tratados sejam pareados com controles muito distantes, ainda que sejam os mais próximos disponíveis, e reduz o viés, assegurando que os pares formados apresentem real semelhança em suas características observáveis.

3.3.3 Estimação do impacto do tratamento

Após a estimação dos escores de propensão e a formação dos pares pelo algoritmo *Nearest Neighbor Matching* combinado com *Caliper Matching* de 0.05, a terceira etapa do PSM consiste em mensurar os efeitos da digitalização sobre os desfechos de interesse – ocupação e rendimento. Devido à dificuldade de mensurar diretamente a digitalização, este estudo utiliza como *proxy* uma variável dicotômica que assume valor 1 se o indivíduo possuir computador e utilizar internet para envio e/ou recebimento de e-mails, e 0 caso contrário.

O Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (*Average Treatment Effect on the Treated – ATT*) é obtido como a média das diferenças nos resultados entre cada unidade tratada e seu respectivo par contrafactual não tratado:

$$ATT = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{1i} - Y_{0j(i)}) \quad (7)$$

Em que:

Y_{1i} : resultado observado do indivíduo tratado i ;

$Y_{0j(i)}$: resultado do(s) controle(s) pareado(s) com i ;

N : número de unidades tratadas.

Diversos softwares estatísticos podem ser utilizados para aplicar o PSM e estimar o ATT. Neste trabalho o procedimento será implementado no Stata 17.0, utilizando o pacote *psmatch2*, que além de estimar o *propensity score*, oferece rotinas para verificar o suporte comum, por meio do *psgraph*, e avaliar o balanceamento das covariáveis, através do *pstest*.

Para além das estimativas gerais de participação no mercado de trabalho e rendimento, este estudo realiza estimações adicionais estratificadas por nível de qualificação - alto, médio e baixo - e por formalidade do emprego. Essa estratégia permite captar as heterogeneidades estruturais do mercado de trabalho brasileiro, reconhecendo que os mecanismos pelos quais a digitalização afeta a inserção e a remuneração podem diferir substancialmente entre trabalhadores mais qualificados e menos qualificados, bem como entre empregados formais e informais. Em cada estrato, os escores de propensão, o suporte comum e o ATT são estimados separadamente, permitindo mensurar de forma específica o efeito da digitalização sobre a ocupação e rendimento em cada grupo, evitando que a média global oculte diferenças relevantes entre segmentos da força de trabalho.

3.3.3.1 Estimação do efeito da digitalização sobre ocupação

Para analisar a participação no mercado de trabalho, é usual empregar modelos probabilísticos, como o *Probit* ou *Logit*, que permitem avaliar quais fatores influenciam a probabilidade de um indivíduo estar ocupado e auferir rendimentos positivos. No entanto, como o objetivo principal deste trabalho não é estimar uma equação estrutural de participação, mas sim identificar o efeito causal da digitalização sobre essa probabilidade, o próprio método do *Propensity Score Matching (PSM)* é suficiente para essa finalidade.

Conforme descrito anteriormente, a primeira etapa do PSM consiste em estimar a probabilidade de um indivíduo ser digitalizado, condicional a um conjunto de covariáveis observáveis, por meio de um modelo de escolha binária (*Logit* ou *Probit*). Esse modelo fornece o escore de propensão, utilizado para realizar o pareamento entre os indivíduos tratados (digitalizados) e não tratados (não digitalizados). Em seguida, após o pareamento, o efeito da digitalização sobre a ocupação é obtido diretamente pelo comando *psmatch2*, que calcula o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) para desfechos binários. Dessa forma, o ATT representa a diferença média na probabilidade de estar ocupado entre indivíduos digitalizados e seus contrafactuais não digitalizados.

Em termos de hipóteses, considera-se que as atividades que demandam maior domínio de tecnologias digitais costumam ser desempenhadas em ocupações que exigem níveis mais elevados de escolaridade e habilidades cognitivas complexas, conforme argumentam Reis, Ambrozio e Machado (2011), Peng (2017) e Hjort e Tian (2021). Em tais funções, a incorporação de TICs atua de forma complementar ao trabalho humano, potencializando a produtividade do trabalho, além de ampliar as oportunidades profissionais dos indivíduos. Por essa razão, a expectativa é que a digitalização tenha efeito positivo de maior magnitude entre os indivíduos com maior nível de qualificação.

Já em relação à formalidade da ocupação, uma vez que os indivíduos que respondem à pergunta referente à formalidade na pesquisa já se encontram ocupados, não é possível estimar os efeitos da digitalização sobre a probabilidade de ocupação.

3.3.3.2 Estimação do efeito da digitalização sobre os rendimentos

Para estimar o efeito da digitalização sobre o rendimento proveniente do trabalho principal, a estratégia metodológica difere daquela aplicada à ocupação, uma vez que a variável dependente neste caso é contínua. Deste modo, após o pareamento entre indivíduos tratados e não tratados pelo método PSM, mantém-se apenas a amostra efetivamente pareada, aplicando

os pesos gerados pelo pareamento na estimação econométrica, a fim de identificar o efeito causal da digitalização sobre os rendimentos dos indivíduos.

A equação de rendimentos é estrutura conforme o arcabouço empírico proposto por Mincer (1974), amplamente utilizado para mensurar retornos à educação, experiência e outros fatores que influenciam os rendimentos dos indivíduos. Formalmente, a equação de rendimentos é especificada como segue:

$$\ln(Y_i) = \alpha + \theta D_i + \delta Z_i + \varepsilon_i \quad (9)$$

Em que $\ln(Y_i)$ é o logaritmo natural do rendimento do indivíduo i ; α é o intercepto; D_i é a variável indicadora do tratamento (digitalização); o coeficiente θ é o parâmetro de interesse, interpretado como o efeito percentual da digitalização sobre o rendimento; Z_i é o vetor de covariáveis de controle; e ε_i é o termo de erro.

Assim como na análise de participação no mercado de trabalho, serão realizadas estimações gerais e estratificadas por nível de qualificação (alto, médio e baixo) e por formalidade do emprego, a fim de avaliar se a digitalização exerce efeitos heterogêneos entre os grupos.

Em relação ao nível de qualificação, espera-se que o impacto da digitalização seja mais intenso entre trabalhadores com maior nível de qualificação, em razão da maior complementariedade entre atividades cognitivas complexas exercidas por indivíduos mais escolarizados e uso das tecnologias digitais, como destacado por Atasoy (2013), Poliquin (2020) e Si e Li (2023). Para os trabalhadores de baixa e média qualificação, cujas tarefas tendem a ser mais rotineiras e menos dependentes do uso de tecnologia, espera-se que o efeito também seja positivo, porém de menor magnitude.

No que se refere à formalidade, a expectativa é de que o uso produtivo de internet e computador exerça um efeito relativamente menor entre trabalhadores formais, em comparação aos informais. Essa hipótese se baseia na maior rigidez da estrutura salarial do setor formal, que tende a limitar os prêmios salariais decorrentes de habilidades adicionais, em razão de mecanismos de negociação coletiva centralizada, conforme argumentado por Kristal e Edler (2021). Em contraste, a descentralização das negociações salariais, característica do mercado informal, além da maior autonomia de precificação no caso dos trabalhadores conta própria, pode resultar em uma incorporação mais rápida dos retornos salariais individuais ao domínio de tecnologias digitais.

3.4 Garantindo a robustez da estimação

A fim de assegurar a validade interna das estimativas obtidas por meio do *Propensity Score Matching* (PSM), foram realizados três procedimentos complementares de verificação da robustez: i) teste de balanceamento das covariáveis; ii) análise do suporte comum e; iii) teste de sensibilidade de Rosenbaum (2002).

O primeiro consiste no teste de balanceamento das covariáveis observáveis, implementado por meio do comando *pstest* no Stata, após a estimação do escore de propensão e a realização do pareamento. Esse teste permite comparar as médias das covariáveis observáveis entre indivíduos digitalizados (tratados) e não digitalizados (controle), antes e após o *matching*, bem como avaliar a magnitude do viés padronizado e sua significância estatística. Se o teste indicar que houve redução substancial do viés após o pareamento, tem-se a evidência de que o grupo de controle se tornou estatisticamente comparável ao grupo tratado em termos das características observáveis incluídas no modelo. Deste modo, o teste de balanceamento fornece uma verificação empírica da hipótese de independência condicional nas dimensões observáveis.

Em seguida, verifica-se a condição do suporte comum, utilizando o comando *psgraph*, que permite analisar a sobreposição das distribuições do escore de propensão entre tratados e não tratados. A existência do suporte comum é condição necessária para a validade do PSM, pois garante que, para cada indivíduo tratado, exista ao menos um indivíduo não tratado com probabilidade semelhante de receber o tratamento. As estimativas do Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) são realizadas exclusivamente na região de suporte comum, evitando extrapolações para áreas nas quais não há comparabilidade entre os grupos.

Por fim, aplica-se o teste de sensibilidade de Rosenbaum Bounds (Rosenbaum, 2002), com o objetivo de avaliar a robustez dos resultados à possível violação da hipótese de seleção em observáveis. Esse teste é importante pois, embora o PSM reduza o viés de seleção decorrente de diferenças em características observáveis, o método se apoia na hipótese de independência condicional, segundo a qual não existem fatores não observados que influenciem simultaneamente a probabilidade de ser digitalizado e o resultado de interesse (ocupação e rendimento). O teste de Rosenbaum examina o quanto um componente não observado teria que influenciar a probabilidade de um indivíduo ser digitalizado para que o efeito estimado perdesse significância estatística.

O procedimento, realizado por meio do comando *rbounds*, introduz o parâmetro *gamma*, que representa o grau de desvio da randomização ideal decorrente de fatores não observados.

Quando *gamma* é igual a 1, assume-se ausência de viés oculto. Valores superiores indicam que indivíduos com as mesmas características observáveis podem diferir quanto à probabilidade de tratamento em razão de fatores não observados. Nesse estudo, considera-se a variação de *gamma* até 2, o que implica admitir a possibilidade de que variáveis não observáveis dobrem as chances relativas de um indivíduo ser digitalizado. A manutenção da significância estatística do ATT sobre esse cenário constitui evidência adicional da robustez dos resultados.

3.5 Definição das variáveis

Conforme destacado por Bryson, Dorsett e Purdon (2002), a aplicação do PSM exige dados adequados e um conjunto de variáveis observáveis que influenciem simultaneamente a participação no tratamento e os resultados de interesse. Além disso, especificamente na análise sobre os rendimentos, é necessário considerar os fatores socioeconômicos reconhecidamente associados à determinação dos salários, evitando viés de omissão de variáveis relevantes. Neste sentido, o conhecimento da literatura teórica e empírica é crucial para seleção das variáveis utilizadas na modelagem.

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, as variáveis utilizadas na estimação do escore de propensão e as variáveis consideradas na análise dos rendimentos do trabalho. A partir da estimação do PSM, constrói-se uma amostra de indivíduos tratados, ou seja, digitalizados e, com base no escore de propensão, um grupo de controle composto por indivíduos não digitalizados com características socioeconômicas e individuais similares ao grupo tratado.

A Tabela 1 apresenta o conjunto de variáveis utilizadas na estimação do escore de propensão para a análise do efeito da digitalização sobre a ocupação. O tratamento é definido pela variável *Digi_ind*, uma *dummy* que assume valor igual a 1 caso o indivíduo possua computador e utilize internet para enviar e/ou receber e-mails, e 0 caso contrário. As covariáveis incluídas no modelo do escore de propensão contemplam características socioeconômicas individuais, como idade, sexo, cor ou raça, nível de qualificação, região urbana e federativa. Essas variáveis são apontadas comumente na literatura que versa sobre digitalização e mercado de trabalho como determinantes tanto na adoção de tecnologias digitais, quanto das condições de inserção no mercado de trabalho.

Tabela 1 - Variáveis utilizadas no *Propensity Score Matching* para a análise da ocupação

Variável de resultado

Variável	Nome	Descrição
<i>Ocup</i>	Ocupado	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo estiver ocupado no mercado de trabalho e 0 caso contrário.

Tratamento

Variável	Nome	Descrição
<i>Digi_ind</i>	Digitalização individual	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo possuir computador e utilizar internet para enviar e/ou receber e-mails e 0 caso contrário.

Covariáveis Utilizadas no Pareamento

Variável	Nome	Descrição
<i>Idade</i>	Idade	Idade em anos.
<i>Idade²</i>	Idade ²	Idade ² .
<i>Mulher</i>	Sexo feminino	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo for mulher e, 0 caso contrário.
<i>Branco</i>	Cor ou raça branca	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo for branco e, 0 caso contrário.
<i>Media_quali</i>	Média Qualificação	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo possuir ensino médio, completo ou não e, 0 caso contrário.
<i>Alta_quali</i>	Alta Qualificação	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo possuir ensino superior, completo ou não e, 0 caso contrário.
<i>Urb</i>	Região Urbana	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo residir em região urbana, e 0 caso contrário.
<i>Norte</i>	Região Norte	Dummy que assume valor 1 se o indivíduo residir na região norte, e 0 caso contrário

<i>Nordeste</i>	Região Nordeste	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região nordeste, e 0 caso contrário
<i>Sudeste</i>	Região Sudeste	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região sudeste, e 0 caso contrário
<i>Sul</i>	Região Sul	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região sul, e 0 caso contrário

Fonte: Elaboração Própria

Nota: *Baixa_quali* é a categoria base para as *dummies* de qualificação, que representa os indivíduos com ensino fundamental completo ou menos; *Centro_oste* é a categoria base para as *dummies* de região.

Na estimação do *propensity score*, utilizam-se as variáveis *idade* e *idade*², permitindo que a probabilidade de ser digitalizado varie de forma não linear ao longo do ciclo de vida. Essa especificação é justificada pelo fato de a adoção de tecnologias ser mais intensa em idades intermediárias e diminuir nas faixas etárias mais avançadas, como observado por DiMaggio e Bonikowski (2008), Reis, Ambrozio e Machado (2011), Si e Li (2023) e Yuan e Zhang (2024).

É importante destacar que esse modelo de escore de propensão é utilizado para a análise do efeito da digitalização sobre a ocupação, cuja amostra inclui tanto indivíduos ocupados quanto desocupados. Sendo assim, nessa especificação não se considera variáveis relativas ao posto de trabalho, como setor de atividade, tipo e posição na ocupação, as quais não são observadas para os indivíduos que não estão inseridos no mercado de trabalho.

Para a análise do efeito da digitalização sobre os rendimentos do trabalho, a variável de resultado considerada é o logaritmo natural do rendimento efetivo proveniente do trabalho principal, conforme descrito na Tabela 2. Essa análise é restrita aos indivíduos ocupados, resultando em uma amostra distinta da utilizada na análise de ocupação.

Desta forma, na equação de rendimentos, optou-se por empregar as variáveis *experiência* e *experiência*², sendo a primeira definida como a diferença entre idade e anos de estudos menos seis, seguindo o arcabouço de Mincer (1974) amplamente utilizado para mensurar retornos à educação e experiência. Essa escolha é respaldada por estudo como DiMaggio e Bonikowski (2008), Menezes, Fernandez e Dedecca (2005), Reis, Ambrozio e Machado (2011), Zhao, Jiao e Wu (2022) e Yuan e Zhang (2024). Essa definição é crucial, pois permite separar o tempo de escolarização do tempo efetivo de inserção no mercado de trabalho, possibilitando mensurar corretamente os retornos da experiência. O termo quadrático, por sua

vez, capta os retornos decrescentes do capital humano, alinhando-se às evidências empíricas de que os ganhos salariais provenientes da experiência tendem a se reduzir ao longo do ciclo de vida profissional.

Adicionalmente, para estimar o efeito da digitalização individual sobre os rendimentos dos trabalhadores, o escore de propensão é reestimado com a inclusão de um conjunto ampliado de covariáveis relacionadas ao posto de trabalho, tais como o setor econômico, tipo de ocupação e posição na ocupação. A inclusão desses controles tem caráter estritamente metodológico, sendo motivada pela necessidade de garantir maior comparabilidade entre os indivíduos ocupados digitalizados e não digitalizados, uma vez que diferenças estruturais de remuneração entre setores e formas de vínculo empregatício são determinantes importantes do nível de rendimento dos trabalhadores, como observado por Reis, Ambrozio e Machado (2011), Atasoy (2013), Poliquin (2020) e Kristal e Edler (2021). A Tabela 2 a seguir detalha a variável de resultado, bem como as covariáveis utilizadas para realizar o pareamento entre os grupos.

Tabela 2 – Variáveis utilizadas no *Propensity Score Matching* para a análise de rendimentos

<i>Variável de Resultado</i>		
Variável	Nome	Descrição
<i>ln_renda</i>	Salário	Logaritmo natural do rendimento efetivo proveniente do trabalho principal.
<i>Variável de Tratamento</i>		
Variável	Nome	Descrição
<i>Digi_ind</i>	Digitalização individual	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo possuir computador e utilizar internet para enviar e/ou receber e-mails e 0 caso contrário.
<i>Covariáveis Utilizadas no Pareamento</i>		
Variável	Nome	Descrição
<i>Exp</i>	Experiência	Variável experiência que tem como <i>proxy</i> a idade do indivíduo subtraído os anos de estudos menos seis.
<i>Exp²</i>	Experiência ²	Variável experiência ao quadrado.

<i>Mulher</i>	Sexo feminino	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo for mulher e, 0 caso contrário.
<i>Branco</i>	Cor ou raça branca	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo for branco e, 0 caso contrário.
<i>Media_quali</i>	Média Qualificação	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo possuir ensino médio, completo ou não e, 0 caso contrário.
<i>Alta_quali</i>	Alta Qualificação	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo possuir ensino superior, completo ou não e, 0 caso contrário.
<i>Urb</i>	Região Urbana	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir em região urbana, e 0 caso contrário.
<i>Norte</i>	Região Norte	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região norte, e 0 caso contrário.
<i>Nordeste</i>	Região Nordeste	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região nordeste, e 0 caso contrário.
<i>Sudeste</i>	Região Sudeste	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região sudeste, e 0 caso contrário.
<i>Sul</i>	Região Sul	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo residir na região sul, e 0 caso contrário.
<i>Agropecuária</i>	Setor Agropecuário	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no setor agropecuário, e 0 caso contrário.
<i>Industria</i>	Setor industrial	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no setor

		industrial e de construção, e 0 caso contrário.
<i>Comer_serv_trad</i>	Setor de comércio e serviços tradicionais	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no comércio e serviços tradicionais (Transporte e Armazenagem; Alojamento e Alimentação), e 0 caso contrário.
<i>Servicos_quali</i>	Setor de serviços de alta qualificação	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no setor de serviços de alta qualificação (Comunicação, Atividades Financeiras e Profissionais; Educação, Saúde e Serviços Sociais e), e 0 caso contrário.
<i>Adm_publica</i>	Administração Pública	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha na Administração Pública, e 0 caso contrário.
<i>Setor_priv</i>	Setor Privado	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no setor privado, e 0 caso contrário.
<i>Setor_pub</i>	Setor Público	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha no setor público, e 0 caso contrário.
<i>Empregador</i>	Empregador	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo é empregador, e 0 caso contrário.
<i>Conta_propria</i>	Conta Própria	<i>Dummy</i> que assume valor 1 se o indivíduo trabalha por conta própria, e 0 caso contrário.

Fonte: Elaboração Própria

Nota: *Baixa_quali* é a categoria base para as *dummies* de qualificação, que representa os indivíduos com ensino fundamental completo ou menos; *Centro_oeste* é a categoria base para as *dummies* de região; *Outros_serv* é a categoria base para setor de ocupação, representando indivíduos ocupados em outros serviços e serviços domésticos;

3.6 Fonte dos dados

Para realização deste estudo, serão utilizados os microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PNADC), produzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A PNADC fornece indicadores trimestrais sobre a força de trabalho e informações anuais sobre temas suplementares permanentes, como Cuidado e Afazeres Doméstico, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Furto e Roubo, Segurança Alimentar, entre outros. Os dados da pesquisa são coletados seguindo um processo de amostragem complexa, envolvendo estratificação, conglomeração, probabilidades desiguais de seleção e calibração dos pesos amostrais, o que garante que suas informações representem de forma fidedigna a média populacional, conforme argumentado por Silva, Pessoa e Lila (2002).

Neste trabalho, serão utilizadas as bases do quarto trimestre de 2016 a 2023, que incluem o suplemento específico sobre acesso e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), condição fundamental para mensurar a digitalização individual, conforme definido nas subseções anteriores. A escolha desse período, além de estar alinhada à disponibilidade do suplemento TIC, se mostra particularmente relevante, pois corresponde a uma fase marcada por transformações tecnológicas aceleradas e disruptivas, como a expansão da computação em nuvem, o avanço do Big Data, da automação, da Internet das Coisas (IoT) e o surgimento da Inteligência Artificial.

Embora os microdados da PNADC não permitam a análise direta dessas tecnologias emergentes, o uso produtivo da internet e do computador, foco central desse estudo, representa o ponto de partida primordial para a adoção, desenvolvimento e difusão de inovações mais complexas. Essa *proxy* se mostra ainda mais relevante diante do contexto estrutural de disparidades significativas no acesso e às tecnologias tradicionais que o Brasil ainda enfrenta. Conforme já mencionado na introdução, o acesso à computador e internet ainda é limitado no país: em 2023 apenas 34% dos domicílios possuíam computadores, 20,8% utilizavam internet para realizar atividades laborais e 25,2% para fins educacionais (CETIC, 2023; PNAD; 2023). Esse cenário reforça a relevância de adotar uma *proxy* baseada no uso produtivo dessas tecnologias para compreender como o uso produtivo de tecnologias influenciam a ocupação e rendimentos no mercado de trabalho brasileiro.

Para operacionalizar essa análise, os dados trimestrais da PNADC foram empilhados para a construção de uma base *pooled*, o que possibilita ampliar o tamanho da amostra, reduzir a variabilidade amostral e aumentar a precisão estatística das estimativas acerca do efeito da digitalização. Essa estratégia também possibilita identificar padrões mais consistentes ao longo

do tempo. Para a construção da amostra, foram considerados apenas os indivíduos da População Economicamente Ativa (PEA), com idade entre 18 e 65 anos. Os dados de rendimento foram deflacionados com base no deflator da PNADC, tomando como referência o último trimestre de 2023, de modo a remover os efeitos da inflação e garantir a compatibilidade entre os períodos. A variável de rendimento utilizada foi o rendimento efetivo proveniente do trabalho principal, assegurando uma medida fidedigna da renda auferida pelos indivíduos no mercado de trabalho.

Adicionalmente, como o objetivo do trabalho é analisar os efeitos do uso produtivo da internet e do computador sobre o mercado de trabalho, foram removidos da base indivíduos que não responderam ao suplemento TIC. Adicionalmente, considerando que a análise da probabilidade de estar ocupado requer a inclusão de todos os indivíduos economicamente ativos, enquanto a estimação dos rendimentos exige apenas os indivíduos ocupados, foram construídas duas bases de dados: uma contendo todos os indivíduos de 18 a 65 anos que responderam ao suplemento TIC, e outra contemplando apenas os ocupados.

Por fim, para analisar os efeitos heterogêneos da digitalização segundo a formalidade do vínculo empregatício, foi necessário delimitar as categorias que se enquadram como formais e informais, em consonância com a classificação do IBGE e amplamente utilizada na literatura. Sendo assim, são considerados trabalhadores formais: empregados no setor privado com carteira assinada, empregados no setor público com carteira assinada, militares e servidores estatutários, e empregadores com negócio registrado no CNPJ. Já o grupo de trabalhadores informais inclui: empregados no setor privado sem carteira assinada, empregado no setor público sem carteira de trabalho assinada e trabalhadores conta própria.

Nestas equações estratificadas por formalidade, optou-se por excluir da base os trabalhadores domésticos, tanto formais quanto informais. Considera-se que nessas ocupações é pouco provável que o uso produtivo de internet e computadores exerça impacto significativo sobre a probabilidade de ocupação e sobre os rendimentos, devido à natureza predominantemente presencial, manual e de baixa intensidade tecnológicas dessas atividades. A inclusão desse grupo poderia reduzir a magnitude do efeito estimado da digitalização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção, subdividida em duas seções, destina-se a apresentar e discutir com base na literatura, os principais resultados obtidos neste trabalho. A primeira parte apresenta a análise descritiva da amostra, o perfil da força de trabalho analisada, indicadores acerca do panorama da digitalização no Brasil e relações iniciais entre digitalização e mercado de trabalho. Já a segunda analisa os resultados da estimação dos modelos econométricos, que visam estimar o efeito causal da digitalização sobre a probabilidade de ocupação no mercado de trabalho e sobre os rendimentos provenientes do trabalho principal, buscando explorar as heterogeneidades dos efeitos por tipo de formalidade do emprego e por nível de qualificação dos indivíduos.

4.1 Estatísticas Descritivas

Esta subseção dedica-se a apresentar as estatísticas descritivas da amostra utilizada neste trabalho, caracterizando o perfil socioeconômico da força de trabalho, o panorama da digitalização no Brasil entre 2016 e 2023 e as relações iniciais entre digitalização e resultados no mercado de trabalho, em termos de ocupação e rendimentos.

Como o objetivo deste estudo é analisar os efeitos da digitalização sobre o mercado de trabalho brasileiro, delimitou-se a amostra aos indivíduos que responderam ao suplemento de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) da PNADC entre 2016 e 2023. Adicionalmente, considerou-se apenas os indivíduos que possuíam entre 18 e 65 anos, por ser a faixa etária mais provável de estar inserida no mercado de trabalho². Após essas delimitações, a amostra totalizou 1.512.914 observações no período analisado.

Para a análise de rendimentos, restringiu-se a amostra aos indivíduos ocupados e os valores do rendimento do trabalho principal foram deflacionados e convertidos em logaritmo. Além disso, observações com *missing* na variável de rendimento e valores iguais a zero e superiores a R\$ 100 mil mensais foram removidas, a fim de mitigar a influência de outliers nas estimativas, resultando em 1.120.447 observações.

A Tabela 3 apresenta o panorama geral de acesso e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no Brasil. É possível observar que 45,6% dos domicílios possuíam computador no período analisado, evidenciando um importante *gap digital*, especialmente considerando que este equipamento está diretamente associado ao uso produtivo das tecnologias, como atividades educacionais, laborais e tarefas que demandam maior nível de complexidade e de habilidades digitais. De acordo com o *Digital Progress and Trends Report*,

² Em consonância aos trabalhos de Dimaggio e Bonikowski (2008), Reis, Ambrozio e Machado (2011), Martin (2016), Yuan e Zhang (2024).

a posse de computador é o principal ponto de divergência entre países de alta, média e baixa renda quando se fala de acesso a TICs. Em países como Austrália, Bélgica e Japão esse equipamento está presente em cerca de 80% dos domicílios, enquanto nos países da América Latina gira em torno de 50%, e nos países de baixa renda esse percentual é inferior a 20% (Banco Mundial, 2023).

Tabela 3 - Acesso e uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no Brasil

Variável	Média (%)	Desvio-Padrão
Possui computador no domicílio	45,60	0,49
Domicílio possui acesso à internet	87,49	0,33
O acesso à internet é via computador	49,29	0,49
O acesso à internet é via celular	99,28	0,08
Indivíduo utilizou internet nos últimos 3 meses	83,47	0,33
Indivíduo utilizou internet para enviar/receber e-mails	66,50	0,47

Fonte: Elaboração Própria a partir dos microdados da PNADC (2016 a 2023).

Embora 87,49% dos domicílios declarassem possuir acesso à internet, esse acesso ocorre predominantemente via telefone celular (99,3%), ao passo que apenas 49,29% acessam por meio de computador. Essas estatísticas indicam que, embora o acesso à internet no Brasil seja elevado, ele se concentra em dispositivos móveis. Esse padrão é consistente com o relatório *Digital Dividends* (Banco Mundial, 2016), que desta que, em países em desenvolvimento, a conectividade tende a ocorrer via dispositivos móveis, devido ao menor custo e à menor exigência de habilidades digitais. Desta forma, verifica-se que a expansão de conectividade não reflete, necessariamente, em maior competência digital ou em uso produtivo das tecnologias, justificando a necessidade de construir uma medida mais refinada de digitalização individual, como será descrito posteriormente.

No nível individual, 83,47% dos entrevistados declararam ter utilizado internet nos últimos três meses, mas apenas 66,5% afirmaram utilizá-la para envio e/ou recebimento de e-mails. Essa distinção é essencial para a estratégica empírica adotada, uma vez que o uso recente da internet não implica, por si só, em uso produtivo das tecnologias digitais. Nesse sentido, a variável de utilização de internet para envio e/ou recebimento de e-mails funciona como uma *proxy* mais adequada para capturar atividades relacionadas ao estudo ou trabalho.

A variável de digitalização individual foi construída a partir da combinação da variável de posse de computador e uso de internet para envio e/ou recebimento de e-mails, uma vez que esta última variável já contempla os indivíduos que acessam internet. Com base nessa definição, observa-se a partir da Tabela 4 que, aproximadamente 36% dos indivíduos podem ser classificados como digitalizados. Esse resultado é fundamental, pois revela uma forte assimetria no acesso e uso produtivo das TICs no país, reforçando a importância de investigar os seus impactos sobre os resultados no mercado de trabalho.

Tabela 4 - Proporção de indivíduos digitalizados na amostra

Variável	Média (%)	Desvio-Padrão
Digitalizado	35,88	0,48

Fonte: Elaboração Própria a partir dos microdados da PNADC (2016 a 2023).

A Tabela 5 apresenta o perfil socioeconômico e laboral dos dois grupos, evidenciando a diferença quantitativa nas médias apresentadas entre eles. Observa-se que, os não digitalizados são, em média, mais velhos e possuem maior experiência laboral, enquanto os digitalizados tendem a ser mais jovens. Esse padrão é consistente com os estudos de Oosterbeek e Ponce (2011), Martins (2016) e Si e Li (2023), que identificam que indivíduos com maior acesso e domínio das tecnologias digitais tendem a ser mais jovens em relação aos que não possuem.

Ademais, mais da metade dos digitalizados são brancos, enquanto entre os não digitalizados esse percentual é de 32,71%, o que também é verificado por Dimaggio e Bonikowski (2008) e Atasoy (2013). Observa-se, ainda, que as mulheres são minoria nos dois grupos, sendo que entre os digitalizados o percentual de mulheres é maior (8,23 p.p. a mais), perfil este similar ao identificado por Oosterbeek e Ponce (2011) e Martins (2016).

O perfil educacional aprofunda a heterogeneidade entre aqueles que possuem acesso e domínio das TICs e os que não possuem. Entre os digitalizados, 51,93% dos indivíduos digitalizados possuem alta qualificação (ensino superior completo ou mais), enquanto entre os não digitalizados esse percentual é de apenas 7,91%. Por outro lado, mais de 50% dos não digitalizados apresentam baixa qualificação (ensino fundamental completo ou menos), contra menos de 10% entre os digitalizados. Essa disparidade educacional evidencia que o uso produtivo das TICs está fortemente associado à escolaridade.

As diferenças também se refletem nos rendimentos. Em média, os digitalizados recebem R\$ 2.946,18 mensais, mais que o dobro dos não digitalizados (R\$

1.171,71), sugerindo que esses indivíduos se inserem em ocupações mais qualificadas e com melhores condições de trabalho. Esses padrões estão alinhados à literatura que aponta que renda e escolaridade influenciam o uso e domínio das TICs (Dimaggio e Bonikowski, 2008; Oosterbeek e Ponce, 2011; Martins, 2016; Si e Li, 2023).

No que diz respeito à distribuição regional e territorial, observa-se que a maior incidência de digitalizados é na região Sudeste (35,6%), enquanto entre os não digitalizados a maior concentração é no Nordeste (34,3%). Ademais, aproximadamente 92,6% dos digitalizados residem em área urbana, contra cerca de 69% dos não digitalizados, indicando que a população rural enfrenta maiores barreiras de acesso e domínio de tecnologias digitais.

Quanto à inserção no mercado de trabalho, ambos os grupos apresentam elevadas taxas de ocupação. Entretanto, a diferença na formalidade do emprego é expressiva: 63,9% dos digitalizados estão inseridos no mercado formal, contra apenas 38,8% dos não digitalizados. Esse resultado, corroborado por Reis, Ambrozio e Machado (2011) sugere que o domínio e uso produtivo das TICs está associado a vínculos de emprego mais estáveis e com melhores condições de trabalho.

Em termos setoriais, os digitalizados concentram-se majoritariamente em serviços de alta qualificação, com vantagem de 22,9 p.p. em relação aos não digitalizados. Por outro lado, estes últimos apresentam maior participação no setor de comércio e serviços tradicionais (25,11%), setor que apresenta menor intensividade tecnológica. Esses dados reforçam a associação entre digitalização e inserção em setores mais dinâmicos, tecnologicamente intensivos e com maior exigência de qualificação, o que converge com os estudos de Ivus e Boland (2015), Martins (2016) e Hjort e Poulsen (2019).

No que se refere ao tipo de ocupação, observa-se a partir da Tabela 5, maior presença dos digitalizados nas categorias de empregado no setor público e empregado no setor privado, enquanto para os não digitalizados a maior predominância é na categoria de empregados no setor privado e trabalhador por conta própria. Além disso, verifica-se que as diferenças mais expressivas entre digitalizados e não digitalizados aparecem na participação no setor público, com vantagem de 12,38 p.p. para os digitalizados, e no trabalho por conta própria, com vantagem de 9,49 p.p. para os não digitalizados. Este perfil ocupacional é similar ao encontrado por Reis, Ambrozio e Machado (2011), que verificam uma maior inserção dos trabalhadores com competências digitais em vínculos mais estáveis e formais.

Tabela 5 - Perfil Amostral: Não Digitalizados vs. Digitalizados

Variável	Não Digitalizados	Digitalizados	Diferença
Idade	39,39 (12,62)	37,68 (11,72)	-1,71
Experiência	24,53 (14,53)	18,41 (12,13)	-6,12
Branco	32,71 (46,91)	53,84 (49,85)	21,13
Mulher	40,60 (49,11)	48,83 (49,98)	8,23
Nível de Qualificação			
Alta qualificação	7,91 (26,98)	51,93 (49,96)	44,02
Média qualificação	41,45 (49,26)	38,40 (48,64)	-3,05
Baixa qualificação	50,64 (49,99)	9,66 (29,54)	-40,98
Região Federativa			
Norte	15,42 (36,11)	9,56 (29,40)	-5,86
Nordeste	34,31 (47,47)	18,48 (38,81)	-15,83
Centro-Oeste	10,04 (30,06)	12,62 (33,22)	2,58
Sudeste	24,53 (43,03)	35,60 (47,88)	11,07
Sul	15,68 (36,36)	23,71 (42,53)	8,03
Reside em área urbana	68,99 (46,25)	92,60 (26,17)	23,61
Ocupado	89,14 (31,11)	92,24 (26,74)	3,1
Ocupado no mercado formal	38,79 (48,72)	63,88 (48,03)	25,09
Setor			
Agropecuária	19,56	3,01	-16,55

	(39,66)	(17,11)	
Indústria	18,26	14,04	-4,22
	(38,63)	(34,74)	
Comércio e serviços tradicionais	25,11	24,86	-0,25
	(43,36)	(43,22)	
Serviços de alta qualificação	11,14	34,04	22,9
	(31,46)	(47,38)	
Administração Pública	3,14	9,13	5,99
	(17,45)	(28,80)	
Serviços domésticos e outros serviços	11,90	7,12	-4,78
	(32,37)	(25,72)	
Tipo de ocupação			
Empregado do setor privado	39,73	42,89	3,16
	(48,93)	(49,49)	
Empregado do setor público	7,06	19,44	12,38
	(25,63)	(39,57)	
Empregador	2,21	6,35	4,14
	(14,69)	(24,38)	
Trabalha por conta própria	28,30	18,81	9,49
	(45,04)	(39,08)	
Rendimento proveniente do trabalho principal	1.171,71	2.946,18	1.774,47
	(1.447,57)	(4.194,13)	
Número de observações: 1.512.914			

Fonte: Elaboração Própria a partir de microdados da PNADC.

Nota: Erros-padrão entre parênteses.

As estatísticas descritivas evidenciam que a adoção das tecnologias digitais ocorre de maneira desigual no Brasil. As diferenças observadas entre indivíduos digitalizados e não digitalizados, em termos de idade, escolaridade, formalidade, setor de atuação e rendimentos, indicam que o acesso e o uso produtivo das TICs estão fortemente associados a características socioeconômicas estruturais. Ao mesmo tempo, os dados sugerem que o uso produtivo dessas ferramentas pode estar relacionado a melhores resultados no mercado de trabalho.

Diante deste cenário, torna-se fundamental aprofundar a análise acerca da relação entre digitalização, ocupação e rendimentos, considerando explicitamente as heterogeneidades de qualificação e formalidade interagem com essa dinâmica. Essa abordagem permite estimar com maior precisão os efeitos da digitalização e avaliar se ela

atua predominantemente como mecanismo de ampliação de oportunidades ou de reforço das desigualdades existentes. Ademais, os resultados preliminares reforçam a importância de políticas que ampliem o acesso e estimulem o uso produtivo das tecnologias digitais, promovendo uma inserção mais equitativa em um mercado de trabalho cada vez mais orientado por competências digitais.

4.2 Resultados Econométricos

Esta subseção destina-se a apresentar os resultados econométricos estimados para as equações de participação e rendimento no mercado de trabalho brasileiro, a fim de averiguar o efeito causal da digitalização individual sobre estes resultados, controlando por características observáveis. Para melhor visualização e entendimento dos resultados, as estimações serão apresentadas de forma subdivida em três subseções, sendo a primeira referente a estimação dos efeitos médios sobre ocupação e rendimento, a segunda os efeitos considerando a heterogeneidade por nível de qualificação e a terceira por formalidade no mercado de trabalho. Destaca-se que nos resultados por formalidade é estimado apenas o efeito sobre os rendimentos, uma vez que os indivíduos analisados já estão inseridos no mercado de trabalho.

4.2.1 Efeito médio da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos

Conforme apresentado na seção metodológica, a estimação do efeito causal da digitalização individual sobre a ocupação e os rendimentos no mercado de trabalho brasileiro é realizada por meio do *Propensity Score Matching (PSM)*. O primeiro passo desse procedimento consiste na estimação da probabilidade individual de um indivíduo ser digitalizado, condicional a um conjunto de características socioeconômicas observáveis, a partir da qual se constrói o escore de propensão utilizado para o pareamento entre indivíduos tratados (digitalizados) e não tratados (não digitalizados). Esse procedimento assegura que a comparação entre os grupos seja realizada entre indivíduos semelhantes do ponto de vista de fatores observáveis, mitigando o viés de seleção associado à adoção das tecnologias digitais.

A probabilidade de um indivíduo ser digitalizado foi estimada por meio de um modelo *logit*, no qual a variável dependente corresponde a uma medida de uso produtivo das tecnologias digitais, definida pela interação entre a posse de computador e o uso de internet para envio e/ou recebimento de e-mails. De modo geral, o modelo apresentou bom

ajuste global e elevada capacidade explicativa, fornecendo escores de propensão adequados para a realização do pareamento entre tratados e controle.

Os resultados dessa estimação são apresentados na Tabela 6. É possível observar que todas as covariáveis incluídas no modelo apresentaram os sinais esperados de acordo com a literatura e são estatisticamente significativas. A idade apresenta coeficiente positivo, enquanto o termo quadrático da idade é negativo, indicando relação côncava entre idade e probabilidade de ser digitalizado. Esse resultado sugere que indivíduos em idade ativa possuem maior propensão a utilizar tecnologias digitais, mas essa probabilidade diminui em faixas etárias mais elevadas, em consonância com a literatura (DiMaggio e Bonikowski, 2008; Reis, Ambrozio e Machado, 2011; Si e Li, 2023).

Tabela 6 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização

Variáveis	Coefficientes	Efeito Marginal
<i>Idade</i>	0,03*** (0,0011)	0,005*** (0,0002)
<i>Idade²</i>	-0,0004*** (0,00001)	-0,00006*** (0,000002)
<i>Mulher</i>	-0,14*** (0,0043)	-0,022*** (0,0065)
<i>Branco</i>	0,44*** (0,0045)	0,0675*** (0,0006)
<i>Media_quali</i>	1,44*** (0,0057)	0,218*** (0,0008)
<i>Alto_quali</i>	3,33*** (0,0066)	0,505*** (0,0006)
<i>Urb</i>	1,12*** (0,0065)	0,170*** (0,0009)
<i>Norte</i>	-0,64*** (0,0086)	-0,096*** (0,0013)
<i>Nordeste</i>	-0,62*** (0,0074)	-0,094*** (0,001)
<i>Sudeste</i>	0,18*** (0,0071)	0,027*** (0,0011)

<i>Sul</i>	0,24*** (0,0078)	0,036*** (0,0012)
<i>Constante</i>	-3,66*** (0,0229)	
<i>Pseudo R²</i>	0,2882	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) *** indica a significância estatística ao nível de 1%; ii) Os erros-padrão são apresentados em parênteses; iii) Número de observações: 1.512.914.

Adicionalmente, verifica-se que as mulheres apresentam menor probabilidade de serem digitalizadas, resultado que está em consonância com as evidências empíricas apresentadas por Reis, Ambrozio e Machado (2011) e Zhao, Jiao e Wu (2022). Por sua vez, indivíduos brancos possuem maior chance de serem digitalizados, o que é corroborado por Dimaggio e Bonikowski (2008), Reis, Ambrozio e Machado (2011). As variáveis associadas ao nível de qualificação confirmam amplamente a discussão presente na literatura, indicando que quanto maior a escolaridade do indivíduo, maior é a probabilidade de acesso e uso das tecnologias digitais. Esse padrão reforça a importância da adoção de um método empírico que trate adequadamente a endogeneidade associada à digitalização, conforme destacado por Martin (2016), Torres García e Ochoa Adame (2018).

Residir em área urbana também se mostrou um fator que favorece a digitalização individual, o que pode ser associado a melhores condições de infraestrutura tecnológica e a uma maior exigência do uso de tecnologias nos ambientes escolares e laborais, conforme apontado por Ivus e Boland (2015), Zhao, Jiao e Wu (2022) e Si e Li (2023). De forma consistente, as variáveis relacionadas às regiões federativas brasileiras indicam que áreas com maior disponibilidade e qualidade de infraestrutura, notadamente as regiões Sudeste e Sul, apresentam maior probabilidade de digitalização, enquanto residir nas regiões Norte e Nordeste reduz essa chance. Segundo Dutz et al. (2017), a expansão do acesso à internet no Brasil ocorreu de forma desigual no território brasileiro, concentrando-se principalmente no Sul e Sudeste, o que reflete disparidades persistentes de infraestrutura e desenvolvimento regional.

Após a estimação do escore de propensão, foram realizados testes de balanceamento, uma vez que o PSM requer a identificação de indivíduos não tratados que sejam altamente semelhantes aos tratados em termos de características observáveis. Conforme apresentado na Tabela 7, antes do pareamento existia diferenças de magnitude elevada entre os dois grupos, com vieses variando de aproximadamente 15% a 100%, além

de estatisticamente significativos. Esse resultado indica que, antes do pareamento, os grupos não eram comparáveis e que a estimação do efeito da digitalização sem o uso do PSM pode levar a resultados viesados.

Tabela 7 - Teste de balanceamento das covariáveis

Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
<i>Idade</i>	Não Pareada	37,73	39,44	-14,1***
	Pareada	37,73	37,73	0,0 ^{ns}
<i>Idade²</i>	Não Pareada	1.560,9	1.714	-15,7***
	Pareada	1.560,9	1.560,8	0,0 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,49	0,39	18,4***
	Pareada	0,49	0,49	0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,54	0,33	43,8***
	Pareada	0,54	0,54	0,0 ^{ns}
<i>Media_quali</i>	Não Pareada	0,38	0,42	-7,0***
	Pareada	0,38	0,38	-0,0 ^{ns}
<i>Alto_quali</i>	Não Pareada	0,52	0,08	109,5***
	Pareada	0,52	0,52	0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,93	0,71	60,5***
	Pareada	0,93	0,93	-0,0 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,09	0,15	-16,6***
	Pareada	0,09	0,09	-0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,18	0,34	-36,8***
	Pareada	0,18	0,18	-0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,36	0,25	23,9***
	Pareada	0,36	0,36	0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,24	0,15	20,4***
	Pareada	0,24	0,24	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

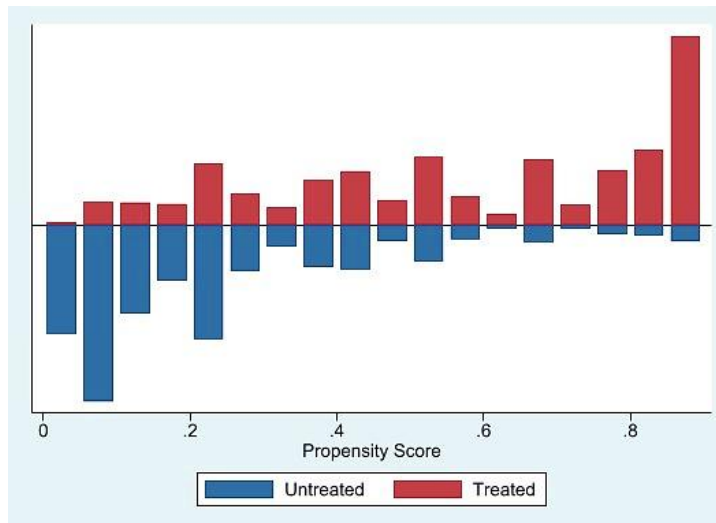
Nota(s): i) O viés (%) corresponde ao viés padronizado entre os grupos tratados e controle. ii) *** indica a significância estatística ao nível de 1%; “ns” indica não significância. iii) Número de observações: 1.512.914.

Em seguida a realização do pareamento, verifica-se que o método promoveu um balanceamento substancial das covariáveis, com as diferenças entre os grupos tornando-se nulas ou muito próximas de zero. Ademais, os testes t associados às variáveis apresentam

p-valores superiores a 0,9, indicando que, após o *matching*, não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de controle e de tratados. Desta forma, conclui-se que o PSM gerou um grupo de comparação adequado para a estimação do efeito da digitalização, reduzindo de maneira significativa a preocupação com viés de seleção decorrente de características observáveis.

O procedimento subsequente à estimação do escore de propensão e à verificação do balanceamento das covariáveis consistiu na análise do suporte comum, etapa fundamental para a validade do método. O suporte comum assegura que a existência de indivíduos no grupo de controle com escores de propensão semelhantes aos dos indivíduos tratados, condição necessária para a validade do pareamento. A Figura 2 apresenta a distribuição dos escores de propensão para os grupos tratados e não tratados. Observa-se que há sobreposição clara entre as distribuições ao longo da maior parte do suporte, indicando a existência de suporte comum adequado. Isso implica que, para a maioria dos indivíduos digitalizados, existe ao menos um indivíduo não digitalizado comparável, reforçando a validade do pareamento e a robustez dos resultados obtidos.

Figura 2 - Teste de suporte comum



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Adicionalmente, conforme apresentado na Tabela 8, aproximadamente 39% dos indivíduos digitalizados – correspondentes a cerca de 217 mil observações – encontram-se fora do suporte comum e, portanto, não possuem contrafactuais adequados com base nas características observáveis consideradas. Desta forma, o efeito da digitalização é estimado para um subconjunto de aproximadamente 334 mil indivíduos digitalizados que apresentam comparabilidade estatística com o grupo de controle.

Tabela 8 - Distribuição das observações da amostra de ocupação segundo a condição de suporte comum

Situação do tratamento	Fora do suporte comum	Dentro do suporte comum	Total
Não tratados	0	961.674	961.674
Tratados	217.122	334.118	551.240
Total	217.122	1.295.792	1.512.914

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Concluída a estimação do *propensity score* e realizado os testes que asseguram a qualidade do PSM, procede-se à estimação dos efeitos da digitalização individual sobre a ocupação e rendimento no mercado de trabalho brasileiro. Os resultados apresentados na Tabela 9 indicam que, antes do pareamento, a probabilidade de um indivíduo estar ocupado era aproximadamente 3,4 p.p. maior entre os indivíduos digitalizados em comparação aos não digitalizados. Após o pareamento, o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) é reduzido para cerca de 2,3 p.p., sendo estatisticamente significativo ao nível de 1%. Esse resultado evidencia que parte do diferencial observado anteriormente estava associada a diferenças nas características dos indivíduos, mas que, mesmo após o controle rigorosos por essas características, a digitalização exerce um efeito positivo e robusto sobre a probabilidade de ocupação.

Tabela 9 - Efeito médio da digitalização sobre a ocupação

Variável	Amostra	Média (Tratados)	Média (Controles)	Diferença (p.p.)
<i>Ocupado</i>	Não pareada	0,92	0,89	0,034*** (0,0005)
	Pareada (ATT)	0,91	0,88	0,023*** (0,0007)

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) A diferença reportada entre as médias refere-se ao Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT). ii) *** indica significância estatística ao nível de 1%. iii) Os erros-padrão são apresentados em parênteses; iv) Número de observações: amostra total = 1.512.914; amostra no suporte comum = 334.118 indivíduos.

O efeito positivo da digitalização sobre a ocupação está em consonância com as evidências empíricas de Atasoy (2013), Hjort e Poulsen (2019), Sinha et. al (2023), Azam, Emran e Shilpi (2024) e Richiardi et al. (2025). De modo geral, os resultados sugerem que a digitalização exerce influência positiva, embora de magnitude moderada, sobre a

probabilidade de ocupação. Essa evidência sugere que as tecnologias da informação e comunicação (TICs) não atuam como fator de substituição de trabalho, mas de forma complementar às atividades produtivas, ampliando as possibilidades de inserção e permanência no mercado de trabalho.

De acordo com Autor (2015), os efeitos da tecnologia tendem a reconfigurar a demanda por habilidades e gerar mecanismos de complementariedade que podem ampliar a demanda por trabalho, ao invés de eliminar ocupações de forma generalizada. Ao alterar o conteúdo das tarefas e exigir novas competências, as inovações tecnológicas favorecem trabalhadores capazes de se adaptar às transformações produtivas. Nesse sentido, para aqueles que fazem uso produtivo de TICs, a capacidade de adaptação às mudanças de habilidades requeridas no mercado de trabalho é ampliada, favorecendo sua empregabilidade.

Essa maior capacidade de adaptação se materializa por meio da ampliação do acesso a cursos, treinamentos e capacitações disponíveis em plataformas digitais, muitos deles gratuitos, permitindo a aquisição de habilidade técnicas e competências digitais alinhadas às exigências das vagas de interesse. Ao facilitar o aprendizado contínuo e a atualização profissional, as TICs contribuem para elevar a empregabilidade, especialmente em um contexto marcado por rápidas transformações tecnológicas. Esse mecanismo dialoga com a perspectiva de Goldin e Katz (2018), segundo os quais os efeitos da mudança tecnológica dependem da capacidade de resposta da oferta de habilidades.

Em segundo lugar, as TICs reduzem custos de busca e assimetrias informacionais, facilitando o acesso a informações sobre oportunidades de emprego e melhorando o processo de correspondência entre candidatos e vagas (Atasoy, 2013; Peng, 2017; Zhao, Jiao e Wu, 2022). O uso de internet e computador permite o envio ágil de currículos, a candidatura simultânea a múltiplas vagas por meio de plataformas digitais de intermediação, aumentando as chances de inserção ocupacional.

Em terceiro lugar, as tecnologias digitais contribuem para a redução de barreiras de entrada no mercado e de custos tradicionais de operação, ampliando oportunidades para microempreendedores, trabalhadores por conta própria e outras modalidades de trabalho autônomo. Evidências empíricas indicam que a expansão do uso da internet e das TICs pode facilitar o acesso a mercados, reduzir custos de transação e ampliar possibilidades de geração de renda (Atasoy, 2013; Zhao, Jiao e Wu, 2022; Si e Li, 2023). A expansão do comércio eletrônico, dos sistemas de pagamento digital e de serviços intermediados por

plataformas amplia a demanda por trabalho em segmentos associados à economia digital e amplia as possibilidades de operação dos segmentos tradicionais.

Por fim, indivíduos digitalizados tendem a se adaptar mais facilmente a ambientes produtivos tecnologicamente intensivos e fluxos de trabalho mais complexos, o que favorecer tanto a probabilidade de obtenção quanto a permanência no emprego (Atasoy, 2013; Peng, 2017; Azam, Emran e Shilpi, 2024; Richiardi et al., 2025).

A fim de avaliar a sensibilidade dos resultados estimado à presença de viés decorrente de variáveis não observáveis, aplicou-se o teste de Rosenbaum Bounds, considerando a variação do valor de *gamma* até dois, conforme apresentado na Tabela 10. É possível verificar que os níveis de significância superior e inferior (*sig+* e *sig-*) permanecem iguais a zero para todos os valores de *gamma* considerados, enquanto os estimadores de ponto e intervalos de confiança mantiveram-se estáveis. Isso indica que o efeito estimado permanece estatisticamente significativo mesmo sob a hipótese de que fatores não observáveis possam dobrar as chances relativas de um indivíduo ser digitalizado. Tais resultados sugerem elevada robustez dos resultados obtidos por meio do PSM, reforçando a consistência da estratégia de identificação adotada.

Tabela 10 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1.0	0	0	1	1	1	1
1.2	0	0	1	1	1	1
1.4	0	0	1	1	1	1
1.6	0	0	1	1	1	1
1.8	0	0	1	1	1	1
2.0	0	0	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) Gamma indica o grau de desvio da randomização ideal devido a viés não observado; ii) *sig+* e *sig-* correspondem aos limites do p-valor; iii) *t-hat+* e *t-hat-* aos limites da estatística de teste e; iv) *IC+* e *IC-* aos limites do intervalo de confiança sob diferentes valores de gamma.

Para a análise do efeito da digitalização sobre o rendimento do trabalho, o escore de propensão foi reestimado incorporando um conjunto adicional de covariáveis relacionadas às características ocupacionais, tais como setor de atividade, tipo de ocupação e posição na ocupação. O objetivo dessa reestimação é garantir maior comparabilidade entre os indivíduos que já se encontram ocupados, uma vez que a variável dependente, o rendimento do trabalho, é observado apenas para esse subconjunto da amostra. Essas

variáveis são utilizadas exclusivamente para a construção do grupo de controle, e o detalhamento dos coeficientes associados a essa estimação pode ser verificada no Apêndice A.

Assim como na análise da ocupação, para averiguar o efeito da digitalização sobre o rendimento, realiza-se a estimação apenas para a região de suporte comum. Sendo assim, conforme apresentado na Tabela 11, aproximadamente 0,8% dos indivíduos digitalizados – correspondentes a cerca de 9,2 mil observações – encontram-se fora do suporte comum e, portanto, não possuem contrafactuais adequados com base nas características observáveis consideradas. Desta forma, o efeito da digitalização é estimado para um subconjunto de aproximadamente 289 mil indivíduos digitalizados que apresentam comparabilidade estatística com o grupo de controle.

Tabela 11 - Distribuição das observações da amostra de rendimentos segundo a condição de suporte comum

Situação do tratamento	Fora do suporte comum	Dentro do suporte comum	Total
Não tratados	0	821.661	821.661
Tratados	9.213	289.573	298.786
Total	9.213	1.111.234	1.120.447

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Ao analisar o efeito da digitalização sobre o rendimento, observa-se que a magnitude do efeito é não apenas mais expressiva do que aquela obtida para a probabilidade de ocupação, mas como também apresenta uma diferença substancial entre os resultados antes e após a aplicação do PSM. Esse contraste ressalta a relevância do método para a obtenção de estimativas que não estejam superestimadas em função de diferenças nas características socioeconômicas observáveis entre indivíduos digitalizados e não digitalizados.

Conforme apresentado na Tabela 12, antes do pareamento, a digitalização estava associada a um efeito de 0,58 sobre o logaritmo do rendimento, o que corresponde a um diferencial aproximado de 79% a favor dos indivíduos digitalizados no período analisado. Após o pareamento por características observáveis, verifica-se um efeito de 0,33 pontos logarítmicos, sendo significativo ao nível de 1%. Esse resultado indica que trabalhadores digitalizados auferem, em média, rendimentos aproximadamente 38% superiores aos de

trabalhadores não digitalizados com características observáveis semelhantes. A redução da magnitude do efeito após o pareamento evidencia a importância do uso de métodos de inferência causal, uma vez que a comparação direta entre grupos não comparáveis poderia levar a estimativas superestimadas pela influência de outras características individuais e ocupacionais correlacionadas tanto com a digitalização quanto com os rendimentos.

Tabela 12 – Efeito médio da digitalização sobre o rendimento no mercado de trabalho

Variável	Amostra	Média (Tratados)	Média (Controles)	Diferença (p.p.)
<i>Ln_rend</i>	Não pareada	7,33	6,74	0,58*** (0,0018)
	Pareada (ATT)	7,31	6,98	0,32*** (0,0020)

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) A diferença reportada entre as médias refere-se ao Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT). ii) *** indica significância estatística ao nível de 1%. iii) Os erros-padrão são apresentados em parênteses; iv) Número de observações: amostra total = 1.120.447; amostra no suporte comum = 289.573 indivíduos.

Os resultados do ATT sobre os rendimentos indicam que o uso produtivo de tecnologias digitais está associado a ganhos substanciais de rendimento no mercado de trabalho, em consonância com os principais estudos que investigam a relação entre digitalização e resultados laborais (Dimaggio e Bonikowski, 2008; Navarro, 2010; Reis, Ambrozio e Machado, 2011; Atasoy, 2013; Martin, 2016; Kristal, 2020; Si e Li, 2023; Yuan e Zhang, 2024; Richiardi et al., 2025). De acordo com Torres García e Ochoa Adame (2018), o uso de tecnologia constitui um elemento de diferenciação salarial tão relevante quanto a escolaridade, especialmente em contextos marcados por elevada desigualdade de acesso.

Esse efeito pode ser explicado, em primeiro lugar, pelo aumento da produtividade no ambiente profissional. O avanço tecnológico permite que os trabalhadores processem informações, analisem dados e executem tarefas de maior complexidade de forma mais rápida e precisa, favorecendo a aquisição de habilidades e a elevação da produtividade individual. Como consequência, observa-se um retorno positivo sobre o capital humano, que tende a se refletir em maiores níveis de remuneração.

Além do canal da produtividade, a literatura aponta para a existência de um efeito sinalizador associado ao uso produtivo das tecnologias digitais, embora esse mecanismo seja relativamente menos explorado. Conforme argumentam Dimaggio e Bonikowski (2008), a capacidade de utilizar tecnologias digitais pode funcionar como um sinal de

competências valorizadas no mercado de trabalho, tais como adaptabilidade, capacidade cognitiva, agilidade na resolução de demandas e disposição para o aprendizado contínuo. Ao sinalizar o domínio dessas tecnologias, os trabalhadores digitalizados tendem a ser mais bem remunerados, mesmo quando comparados a indivíduos com níveis semelhantes de escolaridade, experiência e outras características ocupacionais.

Outro mecanismo fundamental destacado por estudos que analisam a relação entre digitalização, ocupação e rendimentos refere-se à ampliação das possibilidades de capacitação e à aquisição de habilidades técnicas e digitais no meio online, sem restrição significativas de tempo e espaço (Wang e Shen, 2024). O acesso a cursos, treinamentos e conteúdos especializados permite que indivíduos digitalizados atualizem continuamente suas competências, ampliando seu potencial de progressão salarial ao longo do tempo.

Adicionalmente, a digitalização amplia o acesso a informações detalhadas sobre vagas de emprego, favorece a expansão das redes de contato e melhora o processo de correspondência entre trabalhadores e oportunidades disponíveis (Atasoy, 2013; Zhao, Jiao e Wu, 2022). Esses fatores aumentam a probabilidade de inserção em ocupações que oferecem melhores condições de remuneração. Uma vez empregados, trabalhadores digitalizados tendem a se adaptar mais facilmente às mudanças tecnológicas e a se inserir em fluxos de trabalho associados a tarefas cognitivas de maior complexidade, o que conforme discutido por Richiardi et al. (2025), está relacionado a maiores retornos salariais.

Por fim, conforme mencionado anteriormente, o uso de internet e de outras tecnologias digitais contribui para a redução de custos tradicionais de operação e viabiliza novas oportunidades negócios, como o empreendedorismo digital. Esse processo facilita a entrada e permanência de microempreendedores no mercado de trabalho e pode resultar em níveis mais elevados de rendimento para esse grupo, reforçando o papel da digitalização como um fator relevante para a geração de renda no mercado de trabalho contemporâneo.

Assim como na estimação para a ocupação, aplicou-se o teste de Rosenbaum para avaliar a robustez do efeito da digitalização sobre os rendimentos do trabalho. Os resultados, apresentados na Tabela 13, indicam a manutenção da significância para todos os valores de *gamma* considerados, o que confirma a robustez das estimativas à presença de possíveis vieses decorrentes de variáveis não observadas.

Tabela 13 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
--------------	-------------	-------------	---------------	---------------	------------	------------

1,0	0	0	6,94	6,94	6,94	6,94
1,2	0	0	6,88	7,00	6,88	7,00
1,4	0	0	6,82	7,06	6,82	7,06
1,6	0	0	6,77	7,10	6,77	7,10
1,8	0	0	6,73	7,14	6,73	7,14
2,0	0	0	6,69	7,18	6,69	7,18

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) Gamma indica o grau de desvio da randomização ideal devido a viés não observado; ii) *sig+* e *sig-* correspondem aos limites do p-valor; iii) *t-hat+* e *t-hat-* aos limites da estatística de teste e; iv) *IC+* e *IC-* aos limites do intervalo de confiança sob diferentes valores de gamma.

Os resultados obtidos são consistentes com os mecanismos discutidos na literatura e indicam que os efeitos da digitalização sobre a ocupação e os rendimentos não operam por meio de um único canal, mas decorrem de múltiplos mecanismos. Em primeiro lugar, reforçam a hipótese de complementariedade entre tecnologia e capital humano, na medida em que o uso produtivo das TICs implica em melhores resultados no mercado de trabalho. Em segundo lugar, dialogam com a ideia de efeito sinalizador e capital social (DiMaggio e Bonikowski, 2008), segundo o qual o domínio de tecnologias digitais funciona como um indicativo de habilidades valorizadas e amplia o conjunto de oportunidades disponíveis ao facilitar interações sociais e o acesso à informação. Por fim, corroboram com os estudos que enfatizam que a redução de assimetrias informacionais e de custos de busca, proporcionada pelas tecnologias digitais, melhora a correspondência entre trabalhadores e oportunidades de emprego (Atasoy, 2013; Peng, 2017; Zhao, Jiao e Wu, 2022).

Entretanto, os resultados apresentados correspondem a um efeito médio, que não captura as heterogeneidades e as diferentes dinâmicas existentes no mercado de trabalho. Nesse sentido, as subseções seguintes apresentam as estimações estratificadas por nível de qualificação e, posteriormente, por formalidade do emprego, com o objetivo de identificar como os efeitos da digitalização se manifestam de forma diferenciada conforme características que são determinantes da probabilidade de ocupação e dos rendimentos dos trabalhadores.

4.2.2 Efeitos da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos estratificados por nível de qualificação

Esta subseção analisa de forma detalhada os efeitos da digitalização individual sobre a ocupação e os rendimentos no mercado de trabalho brasileiro, considerando as heterogeneidades associadas ao nível de qualificação dos indivíduos. A estratificação por

escolaridade é fundamental para compreensão desses efeitos, uma vez que o nível educacional influencia diretamente o tipo de ocupação exercida, as condições de trabalho, o acesso às tecnologias e a forma como estas são utilizadas. Ademais, conforme amplamente discutido na literatura econômica, a exemplo do arcabouço teórico de Mincer (1974), a escolaridade exerce papel central na determinação dos resultados no mercado de trabalho.

Deste modo, o *Propensity Score Matching* foi reestimado separadamente por nível de escolaridade, com o objetivo de identificar o efeito da digitalização sobre grupos com diferentes níveis de qualificação. Para realizar a estimação para os indivíduos de alta qualificação, foram considerados apenas os indivíduos com pelo menos ensino superior, resultando em uma amostra de 365.030 indivíduos. No caso dos indivíduos com média qualificação, a amostra foi composta por indivíduos com ensino médio, completo ou não, resultando em 612.102 observações. Por fim, para os indivíduos baixa qualificação, foram mantidos aqueles com ensino fundamental completo ou menos, perfazendo 535.782 observações.

Em cada estrato de qualificação, a probabilidade individual de ser digitalizado foi estimada a partir de um conjunto de características observáveis associadas a fatores individuais, econômicos, regionais e ocupacionais. Em seguida, realizou-se o pareamento pelo método *nearest neighbor* com *caliper*, em linha com a estratégia adotada na estimação do efeito total. Os coeficientes estimados para as variáveis explicativas mantiveram comportamento consistente com os resultados da especificação geral.

Além disso, em todas as estimações verificou-se o balanceamento adequado das covariáveis após o pareamento, bem como a sobreposição do suporte comum entre os grupos tratado e de controles, assegurando a comparabilidade entre eles. Assim como na estimação geral, o ATT é estimado apenas para as observações no suporte comum. O teste de sensibilidade de Rosenbaum indicou robustez dos resultados à presença de vieses decorrentes de variáveis não observadas. Os detalhes dessas estimações e dos testes de robustez do PSM encontram-se no Apêndice A.

Após a realização do pareamento e dos testes que atestam a qualidade do método, procede-se à análise dos efeitos da digitalização sobre a probabilidade de ocupação. Os resultados apresentados na Tabela 14 indicam que o efeito é positivo e estatisticamente significativo para todos os níveis de qualificação, rejeitando-se assim a hipótese de efeito nulo da digitalização sobre a ocupação.

Tabela 14 - Efeito da digitalização sobre a ocupação estratificado por nível de qualificação

Nível de Qualificação	Antes do Pareamento	Depois do pareamento (ATT)	Suporte comum
<i>Alta qualificação</i>	2,9*** (0,0010)	0,9*** (0,0014)	76.172
<i>Média Qualificação</i>	3,3*** (0,0008)	2,4*** (0,0009)	205.217
<i>Baixa Qualificação</i>	2,7*** (0,0013)	3,3*** (0,0017)	52.882

Fonte: Elaboração Própria

Nota: i) *** $p < 0,01$. ii) Os valores “Depois do pareamento” correspondem ao Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT), estimado via PSM. iii) Erros-padrão entre parênteses; Número de observações por grupo: Alta (N=365.030), Média (N=612.102), Baixa (N=535.782).

Entre os indivíduos com alta e média qualificação, observa-se padrão semelhante quanto ao impacto da digitalização sobre a probabilidade de ocupação. No caso da alta qualificação, antes do pareamento, os digitalizados apresentavam probabilidade cerca de 2,9 p.p. maior de estarem ocupados, diferença que se reduz para aproximadamente 1 p.p. após a aplicação do PSM, mantendo-se estatisticamente significativa ao nível de 1%. De forma análoga, entre os indivíduos com média qualificação, o diferencial inicial de 3,3 p.p. diminui para 2,4 p.p. após o pareamento, permanecendo positivo e significativo.

A redução da magnitude em ambos os casos indica que parte da diferença observada antes do pareamento estava associada a características observáveis dos indivíduos, como idade, região, raça e gênero, que também influenciam a inserção no mercado de trabalho. Ainda assim, mesmo após o controle rigoroso por essas variáveis, o efeito permanece positivo e estatisticamente significativo, indicando que o uso produtivo de tecnologias digitais contribui de forma relevante para a inserção laboral desses grupos.

Entre os indivíduos com baixa qualificação, contudo, observa-se comportamento distinto. Antes do pareamento, os digitalizados apresentavam probabilidade de ocupação aproximadamente 2,7 p.p. superior à dos não digitalizados. Após a aplicação do PSM, o efeito aumenta para cerca de 3,3 p.p, apresentando significância estatística. Esse resultado sugere que, antes do pareamento, os digitalizados estavam sendo comparados a indivíduos do grupo de controle estruturalmente muito distintos, o que subestimava o impacto da digitalização. Ao restringir a análise ao suporte comum, o PSM revela um efeito causal mais elevado para esse grupo, indicando que o uso produtivo das TICs pode desempenhar

papel particularmente relevante na inserção laboral de trabalhadores com menor qualificação.

De forma geral, as estimações estratificadas indicam que o efeito da digitalização é positivo em todos os níveis de qualificação, embora relativamente mais intenso entre indivíduos com baixa e média qualificação do que entre aqueles com alta qualificação, resultado em consonância com a evidência apresentada por Richiardi et al. (2025). Segundo os autores, o ganho marginal associado às habilidades digitais tende a ser maior para indivíduos que dispõem de menos alternativas relacionadas a outros determinantes tradicionais de inserção no mercado de trabalho.

Esse resultado por ser compreendido a partir dos mecanismos destacados pela literatura. O uso produtivo de tecnologias digitais expande o conjunto de oportunidades de emprego disponíveis, eleva o acesso à informação, facilita candidaturas e melhora a correspondência entre trabalhador e vaga de emprego (Atasoy, 2013; Zhao, Jiao e Wu, 2022). Ademais, ao reduzir falhas de informação e comunicação, essas tecnologias aumentam a produtividade e a flexibilidade funcional no ambiente de trabalho, favorecendo tanto a inserção quanto a permanência do trabalhador no emprego (Peng, 2017).

Esses mecanismos tornam-se particularmente relevantes para indivíduos com menor qualificação. Nesse grupo, há menor diferenciação entre trabalhadores em função do tipo de ocupação exercida, geralmente caracterizada por tarefas mais homogêneas e de menor complexidade técnica. Nesse contexto, o domínio de tecnologias digitais básicas pode representar um diferencial importante de empregabilidade, ao facilitar a adaptação a atividades digitais valorizadas no mercado de trabalho que não exigem elevado grau de complexidade ou formação específica, como por exemplo, o uso de computadores em atividades laborais cotidianas.

Esse efeito é especialmente relevante no contexto brasileiro, que possui uma parcela expressiva de trabalhadores por conta própria, concentrados nos níveis de baixa e média escolaridade. De acordo com a amostra da PNADC utilizada, cerca de 50,3% dos trabalhadores por conta própria possuíam baixa escolaridade no período analisado, seguido por indivíduos com média escolaridade (35,23%) e, por fim, por aqueles com alta escolaridade (14,48%).

Nesse contexto, o reordenamento recente da dinâmica econômica - intensificado a partir da pandemia e marcado pela migração de atividades operacionais, comerciais e transacionais do ambiente offline para o online – tende a ampliar a relevância do uso

produtivo das tecnologias digitais para esse grupo, ao viabilizar a atuação em atividades como o e-commerce, prestação de serviços no meio digital e outras formas de trabalho mediadas por plataformas online.

No caso dos indivíduos com alta qualificação, embora o efeito da digitalização sobre a ocupação seja menor em magnitude quando comparado aos demais grupos, ele permanece positivo e estatisticamente significativo. Este resultado, corroborado por Richiardi et al. (2025), pode ser explicado pelo fato de que os indivíduos mais qualificados já apresentam maior probabilidade de ocupação em função de outras características individuais e ocupacionais, como a escolaridade elevada, experiência acumulada e inserção em segmentos mais estáveis do mercado de trabalho. Assim, o ganho adicional proporcionado pela digitalização tende a ser relativamente menor.

Neste sentido, para os indivíduos com alta qualificação, a digitalização atua predominantemente como um fator complementar a outros determinantes tradicionalmente relevantes da inserção laboral, como a escolaridade e a experiência profissional (Acemoglu, 2002; Autor, 2015). Nesse caso, o domínio de tecnologias básicas, como computador e internet, tende a não representar um diferencial expressivo, pois já representa um requisito mínimo em ocupações mais complexas. Desta forma, a crescente demanda por atualização contínua e por habilidades digitais cada vez mais avançadas reduz o poder de diferenciação associado ao uso mais básico de tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Ainda assim, o efeito positivo da digitalização indica que indivíduos com alta qualificação também se beneficiam do uso produtivo dessas tecnologias. O acesso ampliado a capacitações e conteúdos especializados possibilitado pelo uso das TICs facilita a aquisição de habilidades técnicas adicionais que podem favorecer a entrada no mercado de trabalho quanto a mobilidade ocupacional, especialmente quando restrições de tempo, renda ou espaço limitam o acesso a formas tradicionais de qualificação (Ahmad et al., 2024).

Ademais, a digitalização pode melhorar a correspondência entre candidatos e vagas também nesse grupo. O acesso a um conjunto mais amplo de oportunidades de emprego, aliado à redução de custo e do tempo de candidatura, permite que esses indivíduos direcionem suas candidaturas para postos mais alinhados ao seu perfil profissional (Atasoy, 2013; Hjort e Tian, 2021; Zhao, Jiao e Wu, 2022). O uso das tecnologias digitais também amplia o capital social ao expandir redes de contato e facilitar o acesso a informações

estratégicas sobre empregos desejáveis, contribuindo para a inserção no mercado de trabalho (Dimaggio e Bonikowski, 2008; Peng, 2017; Yuan e Zhang, 2024).

Assim como observado na estimação geral, os resultados das equações estratificadas indicam que o efeito da digitalização sobre os rendimentos é mais expressivo do que sobre a probabilidade de ocupação. Esse padrão sugere que o uso produtivo de tecnologias digitais atua de forma mais intensa sobre a dimensão salarial do que sobre a inserção no mercado de trabalho, resultado consistente com a literatura empírica. Os resultados do efeito da digitalização sobre o rendimento por nível de qualificação estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Efeito da digitalização sobre o rendimento por nível de qualificação

Nível de Qualificação	Antes do Pareamento	Depois do pareamento (ATT)	Suporte comum
<i>Alta qualificação</i>	0,25*** (0,0053)	0,30*** (0,0025)	51.902
<i>Média Qualificação</i>	0,39*** (0,0022)	0,30*** (0,0024)	171.168
<i>Baixa Qualificação</i>	0,63*** (0,0043)	0,52*** (0,0048)	48.324

Fonte: Elaboração Própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** $p < 0,01$. ii) Os valores “Depois do pareamento” correspondem ao Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT), estimado via PSM. iii) Erros-padrão entre parênteses. Número de observações por grupo: Alta (N=365.030), Média (N=612.102), Baixa (N=535.782).

Entre os indivíduos com alta qualificação, antes do pareamento, os trabalhadores digitalizados apresentavam diferencial de 0,25 pontos logarítmicos no rendimento (aproximadamente 29%) em relação aos não digitalizados. Após a aplicação do PSM, esse diferencial aumenta para cerca de 0,30 pontos logarítmicos, correspondendo a prêmio salarial próximo de 35%. Esse aumento da magnitude sugere a presença de viés de seleção negativa na estimação não pareada. Ao restringir a comparação à região de suporte comum, o PSM elimina comparações inadequadas, revelando um efeito mais preciso da digitalização sobre os rendimentos desse grupo.

Já entre os indivíduos com média qualificação, observa-se movimento distinto. Antes do pareamento, o diferencial era de 0,39 pontos logarítmicos (aproximadamente 47,5%), reduzindo-se para cerca de 0,30 após aplicação do PSM, também equivalente a prêmio salarial em torno de 35%. Nesse caso, a redução da magnitude indica que parte da

diferença inicial estava superestimada devido à seleção observável, isto é, os trabalhadores digitalizados possuíam características que já os colocavam em posição relativamente mais vantajosa no mercado de trabalho. O pareamento corrige essa comparação, isolando o efeito causal da digitalização.

Por fim, entre os indivíduos com baixa qualificação, observa-se o maior diferencial de rendimentos associado à digitalização. Antes do pareamento, os trabalhadores digitalizados apresentavam um diferencial de aproximadamente 0,63 pontos logarítmicos, equivalente a cerca de 88% em termos percentuais. Após a aplicação do PSM, essa diferença é reduzida para 0,52 pontos logarítmicos, correspondendo a um prêmio salarial de aproximadamente 68%. Embora parte da estimativa inicial estivesse inflacionado por diferenças observáveis, o efeito permanece elevado mesmo após o controle rigoroso, evidenciando um impacto substantivo da digitalização sobre os rendimentos dos indivíduos com menor qualificação.

Os resultados econométricos indicam que, entre os indivíduos com alta qualificação, a digitalização atua predominantemente como fator complementar à escolaridade formal e como mecanismo sinalizador de habilidades valorizadas no mercado de trabalho (Acemoglu, 2002; Autor, 2015; Hjort e Tian, 2021; Yuan e Zhang, 2024). Embora trabalhadores digitalizados afirmem rendimentos superiores aos de seus pares não digitalizados, a magnitude relativa do efeito é inferior à observada entre indivíduos com menor qualificação.

Essa menor magnitude relativa do efeito pode ser explicada pelo fato de que, para indivíduos altamente qualificados, outras características individuais e ocupacionais, como o próprio nível educacional, a experiência acumulada no mercado de trabalho e a inserção em ocupações intensivas em conhecimento, já desempenham papel central na determinação dos rendimentos. Nesse contexto, esses trabalhadores altamente qualificados tendem a estar inseridos em funções intensivas em conhecimento e a auferir salários mais elevados, o que implica retornos marginais menores associados à digitalização (Martin, 2016; Richiardi et al., 2025).

Apesar de o prêmio salarial ser menor em termos relativos, o efeito permanece expressivo e estatisticamente significativo, situando-se em torno de 35%. Esse resultado indica que, mesmo se tratando de tecnologias consideradas básicas, como computador e internet, o domínio das TICs constitui a base para o desenvolvimento de competências digitais mais avançadas, permitindo que os trabalhadores com alta qualificação atendam às exigências tecnológicas das ocupações contemporâneas e se insiram em fluxos de trabalho

mais complexos. Conforme argumenta Bauer (2018), as mudanças tecnológicas alteram continuamente as habilidades requeridas no desempenho das funções de indivíduo com alta qualificação e, por isso, o domínio de habilidades digitais tende a elevar seus rendimentos.

Além dos canais diretos associados à produtividade e à acumulação de capital humano, a digitalização também opera por mecanismos indiretos. O uso das tecnologias amplia redes de contato, reduz custos de busca e facilita o acesso a informações estratégicas sobre oportunidades de emprego, favorecendo a colocação em vagas mais bem remuneradas. Ademais, o domínio dessas ferramentas funciona como sinalizador de competências valorizadas no mercado de trabalho, como maior adaptabilidade e capacidade de aprendizado contínuo, o que tende a se traduzir em maiores retornos salariais (Dimaggio e Bonikowski, 2008, Peng, 2017; Yuan e Zhang, 2024).

Para os indivíduos com média qualificação, a digitalização também apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo sobre os rendimentos, porém, sugere papel estruturalmente distinto daquele observado entre os trabalhadores com alta qualificação. Enquanto para este último grupo a escolaridade já constitui forte determinante salarial, entre os trabalhadores de média qualificação o domínio de habilidades complementares - como as digitais - pode gerar variações mais expressivas nos retornos. Nesse contexto, o uso produtivo de TICs funciona como um mecanismo de diferenciação competitiva, ao atuar tanto como sinalizador de competências valorizadas (DiMaggio e Bonikowski, 2008), quanto como facilitador do acesso desse grupo a ocupações melhor remuneradas e em segmentos mais formalizados ou tecnologicamente intensivos.

Nesse sentido, para este grupo, a digitalização pode atuar principalmente como um fator habilitador: amplia possibilidades de mobilidade ocupacional, reduz fricções no processo de correspondência entre trabalhador e vaga de emprego, facilita a adaptação a novos processos produtivos e fluxos de trabalho com maior intensidade tecnológica, além de viabilizar a transição para setores emergentes associados às transformações tecnológicas (Atasoy, 2013; Wang e Shen, 2024; Yuan e Zhang, 2024; Richiardi et al., 2025). Como esses indivíduos não dispõem do mesmo estoque de capital humano dos altamente qualificados, mas também não enfrentam restrições estruturais mais severas do grupo de baixa qualificação, o domínio das TICs pode representar elemento decisivo na progressão salarial. Ainda assim, seus retornos permanecem condicionados a um conjunto mais amplo de características individuais e ocupacionais, de modo que a digitalização opera como fator relevante, mas não constitui, isoladamente, o principal determinante dos rendimentos.

Já entre os indivíduos com baixa qualificação, observa-se o maior diferencial de rendimentos associado à digitalização, com um prêmio salarial próximo a 70%. Evidência similar é encontrada por Martin (2016), que identifica efeito marginal mais intenso da digitalização para trabalhadores com menor escolaridade. Parte desse resultado pode ser atribuída ao fato de que esses indivíduos partem de níveis salariais mais baixos, de modo que os ganhos relativos decorrentes do uso produtivo das tecnologias tornem-se proporcionalmente mais elevados.

Além disso, conforme discutido anteriormente, trabalhadores com baixa qualificação dispõem de menos elementos de diferenciação no mercado de trabalho, uma vez que estão, em geral, inseridos em ocupações mais homogêneas, rotineiras e de menor complexidade técnica. Nesse contexto, o domínio de habilidades digitais básicas constitui um fator de distinção relevante, ampliando a produtividade e a empregabilidade em relação aos pares não digitalizados. Como o uso dessas tecnologias é menos disseminado nesse grupo, seu domínio gera um efeito de diferenciação mais acentuado (Martin, 2016).

Esse diferencial não se restringe à maior empregabilidade, mas também se reflete na qualidade das posições ocupadas, refletida pelos maiores rendimentos. Conforme argumentam Reis, Ambrozio e Machado (2011), o uso de tecnologias como a internet pode possibilitar a inserção desses trabalhadores em postos relativamente melhores, mesmo dentro de ocupações tradicionalmente mal remuneradas. Em um contexto em que ferramentas digitais passaram a integrar as operações cotidianas das empresas, seu domínio favorece um melhor posicionamento no mercado de trabalho. Deste modo, a digitalização não apenas amplia as oportunidades de inserção laboral, como também melhora a qualidade relativa das posições acessadas.

De modo geral, a análise dos efeitos heterogêneos da digitalização segundo o nível de qualificação revela padrão consistente de impacto positivo sobre os rendimentos dos três grupos analisados. No caso brasileiro, as estimativas indicam que o maior ganho relativo ocorre entre trabalhadores de baixa qualificação, enquanto para os grupos de média e alta qualificação, o efeito permanece positivo e estatisticamente significativo, porém com menor magnitude relativa, o que refuta a hipótese inicial de maiores efeitos para indivíduos com alta qualificação.

Este resultado dialoga com a discussão levantada por Goldin e Katz (2018), segundo a qual a evolução da estrutura salarial reflete uma corrida entre o avanço tecnológico e a capacidade da oferta de habilidades acompanhar esse avanço. No contexto analisado, o uso produtivo de TICs básicas como computador e internet é amplamente difundido entre

trabalhadores com alta qualificação, reduzindo seu poder de diferenciação nesse grupo. Por outro lado, entre indivíduos com baixa qualificação, o domínio dessas tecnologias ainda é mais restrito, resultando em um prêmio salarial mais elevado. Nesse sentido, a evidência empírica encontrada nesse trabalho não contradiz totalmente a lógica do *Skill-Biased Technological Change (SBTC)*, mas indica que o prêmio salarial por uso de tecnologias depende do estágio relativo de difusão dessas habilidades entre os diferentes grupos de qualificação.

Algumas considerações devem ser feitas em relação a esse resultado. Em primeiro lugar, a análise recai sobre o uso produtivo de computadores e internet, tecnologias relativamente básicas e amplamente difundidas em diversas ocupações, especialmente aquelas que exigem maior nível de escolaridade. Assim, os efeitos estimados refletem retornos associados a competências digitais elementares, e não ao domínio de tecnologias mais avançadas. Com o avanço recente de tecnologias mais complexas, como a inteligência artificial, *big data* e internet das coisas (IoT), é plausível supor que o prêmio salarial no mercado de trabalho para os indivíduos com alta qualificação esteja cada vez associado ao domínio dessas ferramentas avançadas, e não apenas ao uso das TICs tradicionais.

Nesse contexto, o uso das TICs tradicionais continua relevante, mas tende a exercer papel relativamente menor na diferencial salarial entre indivíduos com alta qualificação. Para os indivíduos com média qualificação, seu uso produtivo atua como um fator habilitador de mobilidade ocupacional, adaptação ao mercado e inserção em ocupações mais bem remuneradas. Já para o grupo de baixa escolaridade, a digitalização constitui um diferencial substancial, capaz de reduzir desvantagens estruturais enfrentadas por esse grupo no mercado de trabalho brasileiro, ao ampliar suas oportunidades e elevar os retornos salariais.

4.2.3 Efeitos da digitalização individual sobre ocupação e rendimentos estratificados por formalidade

Para além da estratificação por nível de qualificação, torna-se fundamental investigar como os efeitos da digitalização se distribuem conforme a formalidade da ocupação. No contexto brasileiro, essa análise é particularmente relevante, uma vez que cerca de 41% dos trabalhadores encontram-se inseridos no mercado informal (IBGE, 2024). Essa característica estrutural implica diferenças importantes tanto na natureza das ocupações quanto nos mecanismos de determinação dos rendimentos, uma vez que o

mercado formal é marcado por maior regulação institucional, enquanto o informal apresenta maior flexibilidade e menor proteção trabalhista.

Nesse cenário, a digitalização pode atuar como um mecanismo de mediação capaz de alterar as oportunidades econômicas disponíveis e influenciar o nível de emprego e rendimentos dos dois grupos. Considerando que a classificação por formalidade recai exclusivamente sobre indivíduos já ocupados, essa subseção concentra-se na análise dos efeitos da digitalização sobre os rendimentos. Sendo assim, a amostra referente aos trabalhadores no mercado formal compreende 666.346 observações, enquanto para os trabalhadores informais possui 682.129 observações.

A hipótese deste trabalho é que o retorno de rendimento associado ao uso produtivo de tecnologias digitais seja mais elevado no mercado informal, especialmente entre trabalhadores conta própria, que enfrentam menores barreiras de entrada no mercado digital e maior flexibilidade na formação de seus rendimentos. No mercado formal, por outro lado, espera-se um efeito também positivo, porém de menor magnitude relativa, em razão da maior rigidez institucional na determinação salarial, associada à presença de contratos formais, negociações coletivas e estruturais salariais mais padronizadas.

No que se refere à estimação da probabilidade do indivíduo ser digitalizado de acordo com as características observáveis, os resultados mostraram-se consistentes com aqueles obtidos na estimação geral. A idade apresentou relação positiva e côncava com a digitalização. Os níveis médio e alto de qualificação estiveram associados a maior probabilidade de uso produtivo das tecnologias digitais. Ser mulher esteve negativamente associado à digitalização, enquanto ser branco e residir em região urbana aumentam essa probabilidade. Por fim, observou-se efeito negativo para as regiões Norte e Nordeste, ao passo em que as regiões Sudeste e Sul apresentaram relação positiva.

Assim como nas estimações anteriores, verificou-se o balanceamento adequado das covariáveis após o pareamento, bem como a sobreposição do suporte comum entre os grupos tratado e de controles, assegurando a comparabilidade entre eles. Assim como nas estimativas anteriores, o ATT é estimado apenas na região de suporte comum. O teste de sensibilidade de Rosenbaum indicou robustez dos resultados à presença de vieses decorrentes de variáveis não observadas. Os detalhes dessas estimações e dos testes de robustez do PSM encontram-se no Apêndice A.

Conforme apresentado na Tabela 16, antes do pareamento a digitalização estava associada a um diferencial de aproximadamente 0,27 log-pontos nos rendimentos dos trabalhadores formais, o que corresponde a um prêmio salarial de cerca de 31%. Após a

aplicação do PSM, esse diferencial é reduzido para 0,23 pontos logarítmicos, indicando que trabalhadores formais digitalizados auferem, em média, rendimentos aproximadamente 26% superiores aos de seus pares não digitalizados com características observáveis semelhantes.

Tabela 16 - Efeito da digitalização sobre o rendimento no mercado formal

Variável	Amostra	Média (Tratados)	Média (Controles)	Diferença (p.p.)
<i>Ln_rend</i>	Não pareada	7,46	7,18	0,27*** (0,0017)
	Pareada (ATT)	7,43	7,20	0,23*** (0,0022)

Fonte: Elaboração Própria a partir dos microdados da PNADC.

Notas: i) *** $p < 0,01$; ii) Erros-padrão entre parênteses. ii) Número de observações: amostra total = 666.346; amostra no suporte comum = 171.244 indivíduos.

A redução da magnitude após o pareamento sugere que parte do diferencial bruto entre trabalhadores formais digitalizados e não digitalizados estava associada a características individuais e ocupacionais como qualificação, setor econômico, tipo de ocupação e região de residência. Uma vez que controladas essas variáveis e assegurada a comparabilidade entre os grupos, o prêmio salarial da digitalização permanece positivo, elevado e estatisticamente robusto, indicando um efeito consistente no mercado formal.

No caso dos trabalhadores inseridos no mercado informal, observa-se a partir da Tabela 17, que antes de realizar o pareamento, os trabalhadores digitalizados apresentavam um rendimento de aproximadamente 0,83 log-pontos superior aos não digitalizados, o que representa em termos percentuais um diferencial de mais de 100%. Após estimar o PSM, esse diferencial é reduzido para 0,40 pontos logarítmicos, indicando que os trabalhadores informais digitalizados possuem um rendimento cerca de 49% maior que os não digitalizados.

Tabela 17 - Efeito da digitalização sobre o rendimento no mercado informal

Variável	Amostra	Média (Tratados)	Média (Controles)	Diferença (p.p.)
<i>Ln_rend</i>	Não pareada	7,26	6,43	0,83*** (0,0026)
	Pareada (ATT)	7,07	6,66	0,40*** (0,0036)

Fonte: Elaboração Própria a partir dos microdados da PNADC.

Notas: i) *** $p < 0,01$; ii) Erros-padrão entre parênteses. ii) Número de observações: amostra total = 682.129; amostra no suporte comum = 112.989 indivíduos.

A expressiva redução do prêmio salarial após o pareamento evidencia a presença de forte viés de seleção na comparação não ajustada, uma vez que trabalhadores informais digitalizados diferiam substancialmente dos não digitalizados em termos de características observáveis. Ainda assim, mesmo após o controle rigoroso proporcionado pelo PSM, o efeito da digitalização permanece elevado, indicando um impacto particularmente relevante no segmento informal do mercado de trabalho.

De modo geral, os resultados corroboram a hipótese apresentada neste trabalho: a digitalização beneficia os rendimentos tanto dos trabalhadores formais quanto informais, mas o efeito é mais intenso para este último grupo. Esse padrão é coerente com a estrutura institucional que caracteriza os dois tipos de mercado. No setor formal, a determinação salarial tende a ser mais rígida, frequentemente condicionada a planos de cargos, negociações coletivas e fatores como escolaridade e experiência, o que limita a incorporação de prêmios salariais adicionais associados a habilidades específicas.

Conforme destacado por Kristal (2020) e Kristal e Edler (2021), fatores como poder de barganha, presença sindical e políticas de determinação salarial influenciam a forma como habilidades tecnológicas se convertem em rendimentos. Sendo assim, embora o mercado formal apresente uma maior previsibilidade e menor dispersão salarial, essa mesma estrutura tende a restringir a magnitude de retornos salariais marginais associados à digitalização.

Apesar da maior rigidez na determinação salarial e o efeito apresentar menor magnitude relativa para os trabalhadores formais, o resultado permanece relevante e estatisticamente significativo, indicando que, mesmo em um ambiente institucional mais rígido, o uso produtivo de computador e internet influencia na obtenção de maiores salários. Esse resultado sugere a existência de complementariedade entre tecnologia digital e capital humano, assim como verificado por Navarro (2010), reforçando a ideia de que trabalhadores que utilizam essas tecnologias, seja para fins de estudo ou trabalho, tendem a potencializar os retornos de sua qualificação formal.

Um primeiro mecanismo explicativo refere-se ao acesso ampliado a capacitações, muitas vezes sem restrições de tempo, espaço e custo, o que favorece a atualização contínua de competências técnicas valorizadas no mercado de trabalho e tende a se refletir em maiores rendimentos. Além disso, o uso produtivo das tecnologias digitais amplia o acesso

a um conjunto mais amplo de vagas de emprego e a informações mais detalhadas sobre as oportunidades disponíveis, reduzindo assimetrias de informação. Esses fatores em conjunto melhoram a correspondência entre perfil profissional e posto de trabalho, permitindo que os trabalhadores direcionem suas candidaturas para ocupações com melhores condições de remuneração, como destacado por Hjort e Tian (2021) e Wang e Shen (2024).

Adicionalmente, o uso produtivo das tecnologias digitais pode facilitar a inserção em ocupações de maior complexidade cognitiva, geralmente associadas a salários mais elevados. Conforme destacado por Kristal (2020), a incorporação de tecnologias no ambiente de trabalho está frequentemente vinculada ao desempenho de atividades intensivas em conhecimento, o que eleva o prêmio salarial para trabalhadores que dominam tais ferramentas. Ademais, o acesso contínuo a informações sobre novas tecnologias, oportunidades de emprego e redes profissionais tende a fortalecer a capacidade de negociação salarial, ampliando os retornos associados à digitalização no mercado formal.

Em contraste com setor formal, o mercado informal apresenta maior flexibilidade na determinação dos rendimentos. Nesse ambiente, a digitalização pode exercer um papel particularmente relevante ao reduzir custos de transação e de entrada no mercado digital, expandir mercados e o alcance geográfico das atividades econômicas e permitir maior apropriação dos ganhos de produtividade pelos próprios trabalhadores (Martin, 2016; Si e Li, 2023; Wang e Shen, 2024).

De acordo com Si e Li (2023), tecnologias como a internet facilitam a aquisição de habilidades técnicas e atualização de conhecimento, que é especialmente relevante em contextos nos quais a oferta de treinamento formal é limitada, além de reduzir custos de busca e assimetrias informais, o que melhora a correspondência entre oferta e demanda de trabalho. Além disso, amplia redes de contato, conecta trabalhadores a novos clientes e fornecedores, expandindo suas oportunidades.

Essa dinâmica é especialmente significativa porque os trabalhadores informais, em geral, enfrentam condições mais precárias no mercado de trabalho, caracterizadas por instabilidade de renda, longas horas de jornada e ausência de proteção social. Nesse contexto, os resultados indicam que, mesmo diante dessas restrições estruturais, aqueles que utilizam as tecnologias digitais de forma produtiva auferem rendimentos superiores do que obteriam se não utilizassem das tecnologias, evidência também encontrada por Navarro (2010) e Si e Li (2023).

Contudo, conforme apontado por Ulyssea (2018), o grupo de trabalhadores informais é heterogêneo, englobando tanto empregados sem vínculo formal quanto trabalhadores por conta própria. Essa distinção é relevante, pois os mecanismos por meio dos quais a digitalização afeta os rendimentos podem variar conforme o tipo de inserção ocupacional. Desta forma, torna-se necessário discutir separadamente como o uso produtivo das tecnologias digitais interage com os rendimentos em cada segmento.

No caso dos empregados sem vínculo formal, esses indivíduos geralmente possuem menor escolaridade e menor domínio de habilidades complexas, estando predominantemente inseridos em ocupações mal remuneradas e em atividades rotineiras de baixa complexidade. Nesse contexto, a aquisição de habilidades digitais pode ampliar as possibilidades de mobilidade ocupacional, seja por meio do acesso a setores emergentes da economia digital, seja pela utilização de plataformas que facilitam a busca por ocupações mais bem remuneradas (Si e Li, 2023; Zhao, Jiao e Wu, 2022).

Além disso, conforme apontado por Bauer (2018), determinadas atividades mediadas por tecnologias digitais oferecem maior flexibilidade de horário e local de trabalho, possibilitando a dedicação a mais de uma atividade ou prestação de serviços para diferentes contratantes, ampliando o potencial de rendimentos acumulados. Ressalta-se, contudo, que este trabalho não discute a qualidade desses postos em termos de carga horária ou proteção social, tampouco investiga se a digitalização favorece a informalidade. A análise restringe-se à comparação entre indivíduos já inseridos no mercado informal, distinguindo aqueles que utilizam tecnologias digitais de forma produtiva daqueles que não o fazem.

Já no caso dos trabalhadores informais que atuam como microempreendedores ou autônomos, os mecanismos de impacto tendem a ser distintos. O uso produtivo de tecnologias digitais pode elevar os rendimentos ao reduzir os custos de transação, organizar mercados fragmentados, facilitar a entrada de pequenos negócios e ampliar o acesso a novos mercados (Atasoy, 2013; Goldfarb e Tucker, 2019; Hjort e Tian, 2021).

Para além da facilitação de vendas através do e-commerce e de transações via plataformas e aplicativos, as tecnologias digitais também permitem que esses trabalhadores se capacitem continuamente e ampliem suas redes de clientes e fornecedores de forma mais abrangente do que pelos canais tradicionais (Wang e Shen, 2024). Esse aspecto é particularmente relevante considerando que aproximadamente 57% dos trabalhadores informais da amostra são conta própria.

Nesse contexto, a intensificação nas últimas décadas da migração de atividades comerciais e de prestação de serviços para o ambiente online, especialmente após a pandemia, contribuiu para reduzir custos de transação e ampliar o alcance de mercado. Como resultado, ampliam-se as oportunidades de geração de renda para trabalhadores autônomos que utilizam essas ferramentas de forma produtiva.

Em linhas gerais, os resultados estratificados por nível de formalidade indicam que uso produtivo das tecnologias digitais exerce efeito positivo sobre os rendimentos tanto no mercado formal quanto no informal. Esse padrão evidencia a existência de um *gap digital* que se traduz em diferenças nos resultados econômicos dos trabalhadores. Em consonância com Van Deursen e Helsper (2015), os resultados sugerem que não apenas o acesso às tecnologias é relevante, mas sobretudo a forma como essas ferramentas são utilizadas e a capacidade de convertê-las em benefícios econômicos concretos. Sendo assim, indivíduos que utilizam tecnologias como computador e internet para fins laborais ou educacionais tendem a auferir maiores rendimentos, independentemente do segmento em que estejam inseridos.

As estimações também confirmam a hipótese de que o prêmio salarial associado à digitalização é mais elevado no mercado informal. Esse resultado pode ser interpretado à luz da discussão apresentada por Ulysea (2018), segundo o qual as diferenças entre os segmentos formal e informal refletem não apenas diferenças de produtividade, mas também estruturas distintas de incentivos, custos regulatórios e arranjos institucionais. Em um ambiente caracterizado por maior flexibilidade e menor rigidez salarial, como o setor informal, os trabalhadores podem apropriar de forma mais direta os retornos associados ao uso dessas tecnologias. Nesse contexto, a digitalização pode atuar como um mecanismo de redução de barreiras estruturais típicas da informalidade, potencializando os rendimentos individuais.

O efeito mais expressivo observado no setor informal suscita, ainda, o questionamento acerca do potencial da digitalização para reduzir o diferencial de rendimentos observados entre trabalhadores formais e informais. A análise dos rendimentos médios da amostra indica que, entre os trabalhadores não digitalizados, os formais recebem cerca de 76,65% a mais do que os informais, enquanto entre os trabalhadores digitalizados esse diferencial se reduz para 53,12%. Embora esses números não permitam afirmar um processo de convergência entre os segmentos, sugerem que o uso produtivo de TICs pode atenuar parte das disparidades existentes. Este resultado aponta

para a relevância de investigações futuras sobre os possíveis efeitos distributivos da digitalização no mercado de trabalho brasileiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço tecnológico tem moldado de maneira decisiva as trajetórias de desenvolvimento econômico dos países, especialmente nas últimas décadas, impulsionado pela expansão acelerada de tecnologias digitais disruptivas. Nesse cenário, intensificou-se o debate acadêmico acerca dos impactos sociais e econômicos da digitalização, sendo o mercado de trabalho um dos segmentos mais diretamente afetados, o que torna essencial compreender seus efeitos sobre a ocupação e rendimentos.

No caso brasileiro, essa análise ganha ainda mais relevância diante da elevada heterogeneidade do mercado de trabalho, marcada pela ampla presença de trabalhadores de baixa qualificação e participação expressiva no setor informal. Nesse contexto, a digitalização pode atuar tanto como mecanismo de ampliação de oportunidade quanto vetor de aprofundamento de desigualdades, criando um *gap* entre aqueles que possuem acesso e domínio das tecnologias digitais e aqueles que permanecem excluídos.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo investigar os efeitos do uso produtivo de tecnologias digitais sobre a ocupação e o rendimento no mercado de trabalho brasileiro, bem como a interação desses efeitos com as heterogeneidades de qualificação e formalidade. Utilizando microdados da PNADC no período de 2016 a 2023 e aplicando o

método de *Propensity Score Matching* (PSM), buscou-se estimar o efeito causal da digitalização por meio da construção de um grupo contrafactual comparável com base em características observáveis.

Os resultados indicam que o uso produtivo de internet e computador exerce efeito positivo e estatisticamente significativo tanto sobre a probabilidade de ocupação quanto sobre os rendimentos. Em média, indivíduos digitalizados apresentam probabilidade 2,3 p.p. de estarem ocupados e rendimentos 38% superiores em comparação a indivíduos não digitalizados com características observáveis semelhantes.

A análise das heterogeneidades do mercado de trabalho revelou resultados particularmente relevantes. Contrariamente à hipótese inicial de que os maiores efeitos estariam concentrados entre trabalhadores de maior qualificação, os impactos mais expressivos foram observados entre os indivíduos com baixa qualificação. Esse resultado sugere que, no contexto brasileiro, o uso produtivo de TICs pode atuar como mecanismo de mitigação de desvantagens estruturais, ampliando oportunidades relativas para grupos tradicionalmente mais vulneráveis.

No que se refere à formalidade da ocupação, os resultados confirmaram a hipótese de que a digitalização representa um prêmio salarial mais expressivo no mercado informal. Esse padrão pode ser interpretado à luz da menor rigidez da estrutura salarial nesse segmento, no qual os rendimentos tendem a refletir de forma mais direta a produtividade individual e permite maior capacidade de apropriação dos ganhos associados ao uso de tecnologias.

De modo geral, as evidências indicam que a digitalização pode ampliar oportunidades no mercado de trabalho brasileiro, especialmente em um contexto de desigualdades educacionais e elevada informalidade. O uso produtivo das tecnologias facilita a busca por emprego, amplia o acesso a informações estratégicas e redes de contato e favorece a inserção em ocupações mais bem remuneradas. O domínio dessas tecnologias configura-se, assim, como um ativo relevante, atuando simultaneamente como fator de aumento da produtividade individual e como mecanismo de sinalização de competências valorizadas pelos empregadores, o que se reflete em prêmio salarial. Ao mesmo tempo, os resultados reforçam a existência do “terceiro nível” do *gap digital*, evidenciando que não apenas o acesso às tecnologias importa, mas sobretudo a capacidade de utilizá-las de forma produtiva e convertê-las em vantagens econômicas concretas.

As evidências encontradas trazem importantes implicações para a formulação políticas públicas. Em primeiro lugar, a ampliação do acesso a equipamentos tecnológicos, especialmente computadores, é fundamental. Apesar da ampla difusão da internet no Brasil, a posse de computador permanece restrita, limitando o tipo e a complexidade das atividades

digitais desempenhadas. Considerando o elevado custo relativo desses equipamentos em relação à renda média da população, políticas voltadas à redução desse custo, seja por meio de incentivos à produção nacional, ou estímulos fiscais e de crédito para facilitar a aquisição, podem contribuir para reduzir barreiras estruturais de acesso.

Em segundo lugar, a inclusão digital deve ir além do acesso físico à tecnologia e incorporar políticas de capacitação voltadas ao uso produtivo das ferramentas digitais. Programas de formação em competências digitais são essenciais para que o país aproveite plenamente as oportunidades da digitalização, abrangendo desde habilidades básicas até especializações em tecnologias mais avançadas. Como grande parte das capacitações disponíveis é paga e inacessível a uma parcela significativa da população, programas públicos em nível federal tornam-se estratégicos. Tais iniciativas podem ser implementadas em parceria entre o Ministério da Educação e de Ciência e Tecnologia, bem como com instituições privadas, por meio de bolsas e subsídios, contribuindo para adaptar a força de trabalho a um mercado de trabalho que demanda competências cada vez mais complexas.

Em terceiro lugar, torna-se estratégica a adaptação da rede de ensino às demandas da era digital. A incorporação de conteúdos relacionados às tecnologias mais recentes como ciência de dados, inteligência artificial e competências digitais nos currículos escolares pode contribuir para reduzir desigualdades futuras e preparar as novas gerações para um mercado de trabalho crescentemente tecnológico. Embora iniciativas nesse sentido já estejam em discussão e o governo federal tenha lançado, em 2024, o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) 2024-2028, seu estágio ainda é embrionário, o que evidencia a necessidade de acompanhamento e avaliação sistemática quanto à sua efetividade e capacidade de promover a capacitação da população frente às transformações tecnológicas.

Apesar das contribuições apresentadas, este estudo apresenta limitações. A principal refere-se à base de dados utilizada. O suplemento de TIC da PNADC não contempla o uso de tecnologias mais avançadas, como inteligência artificial, big data ou automação, nem detalha as formas e ambientes de uso. Sendo assim, foi necessária a construção de uma *proxy* de uso produtivo baseada na posse de computador e no uso de internet para envio e recebimentos de e-mails, que pode não capturar integralmente a complexidade da digitalização contemporânea. Além disso, embora o PSM reduza vieses associados a características observáveis, não elimina completamente o risco de viés decorrente de variáveis não observadas. Por fim, a estrutura amostral da PNADC, com acompanhamento do mesmo domicílio por cinco trimestres consecutivos, limita a análise de efeitos de longo prazo.

A partir dos resultados apresentados, emergem importantes agendas de pesquisa futura. Em primeiro lugar, destaca-se a necessidade de investigar quais tipos de ocupação são favorecidos pela digitalização - empregos formais qualificados, trabalhos por plataformas ou ocupações informais – avaliando se ela reforça a informalidade ou favorece a transição para a formalidade. Em segundo lugar, é pertinente averiguar seus efeitos sobre a participação feminina no mercado de trabalho e sobre as desigualdades de renda por gênero. Por fim, aprofundar a análise dos efeitos distributivos permitirá compreender se os avanços tecnológicos contribuem para reduzir a desigualdade de renda entre indivíduos com diferentes níveis de qualificação e entre trabalhadores formais e informais.

Em síntese, a digitalização apresenta-se simultaneamente como oportunidade e desafio. Seus efeitos positivos dependem de arranjos institucionais, políticas educacionais e estratégias de qualificação que assegurem que os benefícios das inovações tecnológicas sejam distribuídos de forma mais equitativa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEMOGLU, D. Technical Change, Inequality, and the Labor Market. **Journal of Economic Literature**, v. 40, n. 1, p. 7–72, mar. 2002.

ACEMOGLU, D.; AUTOR, D. **Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings**. In: Handbook of Labor Economics, chapter 12, v. 4B. Amsterdam: Elsevier B.V., p. 1043–1171, 2011.

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment. **National Bureau of Economic Research**, 2016.

AHMAD, R. et al. Does the digital economy improve female employment? A cross-country panel data analysis. **Heliyon**, v. 10, n. 13, 2024.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ (ALECE). **Projeto de Indicação nº 186/2025: institui a Política Pública de Ensino de Inteligência Artificial na rede estadual de ensino**. Fortaleza: ALECE, 2025. Disponível em: https://www2.al.ce.gov.br/legislativo/tramit2025/pi186_25.pdf. Acesso em: 10 jan. 2026.

ATASOY, Hilal. The effects of broadband internet expansion on labor market outcomes. **ILR review**, v. 66, n. 2, p. 315–345, 2013.

AUTOR, D. H. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. **Journal of Economic Perspectives**, Nashville, v. 29, n. 3, p. 3–30, 2015.

AZAM, M.; EMRAN, M. S.; SHILPI, F. ICT Skills and Labor Market Outcomes in India: Evidence from Cell Tower Expansion. **IZA Discussion Paper**, n. 17105, 50 p., 2024.

BANCO MUNDIAL. **Digital Progress and Trends Report 2023**. Washington, DC: World Bank, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-2049-6>. Acesso em: 10 de março de 2025.

BANCO MUNDIAL. **World Development Report 2016: Digital Dividends**. Washington, DC: World Bank, 2016. Disponível em: <https://doi:10.1596/978-1-4648-0671-1>. Acesso em: 25 de Abril de 2025.

BAUER, J. M. The Internet and income inequality: Socio-economic challenges in a hyperconnected society. **Telecommunications Policy**, v. 42, n. 4, p. 333–343, 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **IA para o bem de todos: Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (2024–2028)**. Brasília: MCTI, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/07/plano-brasileiro-de-ia-tera-supercomputador-e-investimento-de-r-23-bilhoes-em-quatro-anos>. Acesso em: 15 jan. 2026.

BRYSON, A.; DORSETT, R.; PURDON, S. **The use of propensity score matching in the evaluation of active labour market policies**. Working Paper, n. 4, London: Department for Work and Pensions, 2002.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC). **Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Empresas (TIC Empresas): 2015–2023**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), [s.d.].

DETTING, L. J. Broadband in the labor market: The impact of residential high-speed internet on married women’s labor force participation. **ILR Review**, v. 70, n. 2, p. 451–482, 2017.

- DIMAGGIO, P.; BONIKOWSKI, B. Make money surfing the web? The impact of Internet use on the earnings of US workers. **American sociological review**, v. 73, n. 2, p. 227-250, 2008.
- DIMAGGIO, Paul; HARGITTAI, Eszter. From the “digital divide” to “digital inequality”: studying Internet use as penetration increases. In: NECKERMAN, Kathryn M. (ed.). **Social inequality**. New York: Russell Sage Foundation, 2004. p. 355–400.
- DUTZ, M. A. et al. Economy-wide and sectoral impacts on workers of Brazil’s internet rollout. In: **Forum for social economics**. Routledge, p. 160-177, 2017.
- EBAIDALLA, E. M. Do ICTs reduce youth unemployment in MENA countries? In: **Economic Research Forum Working Papers**. 2015.
- GOLDFARB, A.; TUCKER, C. Digital economics. **Journal of economic literature**, v. 57, n. 1, p. 3-43, 2019.
- GOLDIN, C.; KATZ, L. F. The race between education and technology. In: GRUSKY, David B.; HILL, Jasmine (org.). **Inequality in the 21st century: a reader**. Boulder: Westview Press, cap. 8, p. 48–53, 2018.
- HEINRICH, C.; MAFFIOLI, A.; VÁZQUEZ, G. **A primer for applying propensity-score matching**. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, 2010.
- HJORT, J.; POULSEN, J. The arrival of fast internet and employment in Africa. **American Economic Review**, v. 109, n. 3, p. 1032-1079, 2019.
- HJORT, J.; TIAN, L. The economic impact of internet connectivity in developing countries. **Annual Review of Economics**, v. 17, 2021.
- HÖTTE, K.; SOMERS, M.; THEODORAKOPOULOS, A. Technology and jobs: A systematic literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 194, p. 122750, 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua): 2016 a 2023**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/2511-np-pnad-continua/30980-pnadc-divulgacao-pnadc4.html?=&t=microdados>. Acesso em: 10 jul. 2025.
- _____. **Síntese de Indicadores Sociais: 2024**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html>. Acesso em: 05 jan. 2026
- IVUS, O.; BOLAND, M. The employment and wage impact of broadband deployment in Canada. **Canadian Journal of Economics**, v. 48, n. 5, p. 1803-1830, 2015.
- KRISTAL, T. Why has computerization increased wage inequality? Information, occupational structural power, and wage inequality. **Work and Occupations**, v. 47, n. 4, p. 466-503, 2020.
- KRISTAL, T.; EDLER, S. Computers meet politics at wage structure: an analysis of the computer wage premium across rich countries. **Socio-Economic Review**, v. 19, n. 3, p. 837-868, 2021.
- MARTIN, Diego A. **Internet and Labor Income: Places and Activities in Colombia**. Development Bank of Latin America, Working Paper n° 16, 2016. Disponível em: <https://scioteca.caf.com:8080/xmlui/caf/handle/123456789/986>. Acesso em: 04 de outubro de 2025.
- MENEZES, W. F.; FERNANDEZ, J. C.; DEDECCA, C. Diferenciações regionais de rendimentos do trabalho: uma análise das regiões metropolitanas de São Paulo e de Salvador. **Estudos Econômicos**, v.35, n.2, p.271-296, Abr./Jun. 2005.

- MINCER, J. **Schooling, experience, and earnings**. New York: NBER, 1974.
- NAVARRO, L. The Impact of Internet Use on Individual Earnings in Latin America. La Paz: Institute for Advanced Development Studies (INESAD). **Development Research Working Paper Series**, n. 11, 2010.
- OECD. **Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives**. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264312012-en>. Acesso em: 15 de março de 2025.
- OECD. **Shaping the Digital Transformation in Latin America: Strengthening Productivity, Improving Lives**. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/8bb3c9f1-en>. Acesso em: 16 de março de 2025.
- OOSTERBEEK, H.; PONCE, J. The impact of computer use on earnings in a developing country: Evidence from Ecuador. **Labour Economics**, v. 18, n. 4, p. 434-440, 2011.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Informe regional sobre productividad: transición digital, cambio tecnológico y políticas de desarrollo productivo en América Latina y el Caribe – desafíos y oportunidades**. Lima, 87 p. 2022.
- PEETZ, D. **The Realities and Futures of Work**. ANU Press. 2019. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/j.ctvq4c16w>. Acesso em: 05 de abril de 2025.
- PENG, G. Do computer skills affect worker employment? An empirical study from CPS surveys. **Computers in Human Behavior**, v. 74, p. 26-34, 2017.
- POLIQVIN, C. W. The Wage and Inequality Impacts of Broadband Internet. **UCLA Working paper**. 2020.
- REIS, M. C.; AMBROZIO, A. M. H. P.; MACHADO, D. C. Uma análise da relação entre tecnologia no local de trabalho e rendimentos no Brasil. **Economia Aplicada**, v. 15, p. 459-483, 2011.
- RICHIARDI, M. G. et al. The impact of a decade of digital transformation on employment, wages, and inequality in the EU: a “conveyor belt” hypothesis. **Socio-Economic Review**, p. 1-27, 2025.
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, Oxford, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.
- ROSENBAUM, P. R. **Observational Studies**, 2nd ed. New York: Springer. 2002.
- SI, X.; LI, M. Impact of the internet use on informal workers’ wages: Evidence from China. **Plos one**, v. 18, n. 5, 2023.
- SILVA, P. L. N.; PESSOA, D. G. C.; LILA, M. F. Análise estatística de dados da PNAD: incorporando a estrutura do plano amostral. **Cadernos de saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 659-670, 2002.
- SINHA, M. et al. FDI, digitalization and employment: empirical evidence from developing economies. **Studies in Economics and Finance**, v. 40, n. 4, p. 740-756, 2023.
- THI, D. N.; NGOC, T. L. T.; QUANG, V. T. Information technology and wage disparities between labor groups: An empirical study in Vietnam. **Science & Technology Development Journal – Economics, Law and Management**, v. 8, n. 4, p. 5622-5630, 2024.
- TIAN, L.; XIANG, Y. Does the digital economy promote or inhibit income inequality? **Heliyon**, v. 10, n. 14, jul. 2024.

TORRES GARCÍA, A. J.; OCHOA ADAME, G. L. Wage inequality associated with the use of ICT in Mexico: An analysis by occupation. **Cuadernos de Economía**, 37(74), 353-390. 2018.

ULYSSEA, G. Informality and development. **American Economic Review**, Nashville, v. 108, n. 12, p. 3690–3721, 2018.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (UIT). **Share of the population using the Internet**. International Telecommunication Union, via World Bank, “World Development Indicators”. Disponível em: <https://ourworldindata.org/grapher/share-of-individuals-using-the-internet?time=2023>. Acesso em: 20 de abril de 2025.

VAN DEURSEN, A. J. A. M.; HELSPER, E. J. The third-level digital divide: Who benefits most from being online? **Communication and Information Technologies Annual**, v. 10, p. 29–52, 2015.

WANG, F.; SHEN, S. Does the digital economy development improve or exacerbate income inequality? International evidence. **Managerial and Decision Economics**, v. 45, n. 6, p. 4012–4038, set. 2024.

YOU, J. et al. International comparison of the impact of digital transformation on employment. **Journal of Asian Economics**, v. 95, 2024.

YUAN, K.; ZHANG, X. The impact of internet usage preferences on labor income: Evidence from China. **Plos one**, v. 19, n. 8, p. 1-25, 2024.

ZHAO, X.; JIAO, Y.; WU, D. The impact of Internet use on labor wage distortions: Empirical Evidence From China. **SAGE Open**, v. 12, n. 2, 2022.

7 APÊNDICE A

Tabela 18 - Modelo ampliado do escore de propensão para a análise de rendimentos

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Exp</i>	0,004*** (0,0003)	0,001*** (0,0001)
<i>Exp</i> ²	-0,0001*** (0,0000075)	-0,00004*** (0,000002)
<i>Mulher</i>	-0,01*** (0,0030)	-0,003*** (0,0008)
<i>Branco</i>	0,16*** (0,0030)	0,04*** (0,0008)
<i>Media_quali</i>	0,67*** (0,0036)	0,18*** (0,0009)
<i>Alto_quali</i>	0,96*** (0,0051)	0,26*** (0,0013)
<i>Urb</i>	0,34*** (0,0042)	0,09*** (0,0011)
<i>Norte</i>	-0,29*** (0,0055)	-0,08*** (0,0015)
<i>Nordeste</i>	-0,34*** (0,0048)	-0,09*** (0,0013)
<i>Sudeste</i>	0,08*** (0,0047)	0,023*** (0,0013)
<i>Sul</i>	0,11*** (0,0052)	0,03*** (0,0014)
<i>Agro</i>	-0,45*** (0,0081)	-0,12*** (0,0022)
<i>Indu</i>	-0,09*** (0,0065)	-0,02*** (0,0017)
<i>Com_serv_trad</i>	0,002 ^{ns} (0,0061)	0,0006 ^{ns} (0,0016)
<i>Servicos_quali</i>	0,29*** (0,0065)	0,08*** (0,0018)

<i>Adm_publica</i>	0,44*** (0,0086)	0,12*** (0,0024)
<i>Setor_priv</i>	0,28*** (0,0076)	0,07*** (0,0021)
<i>Setor_pub</i>	0,25*** (0,0085)	0,06*** (0,0023)
<i>Empregador</i>	0,86*** (0,0098)	0,24*** (0,0026)
<i>Conta_propria</i>	0,33*** (0,0075)	0,09*** (0,0020)
<i>Constante</i>	-1,66*** (0,0092)	
<i>Pseudo R²</i>	0,1530***	
<i>Observações</i>	1.120.447	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** p < 0,01; ii) Erros-padrão entre parênteses.

Tabela 19 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Alta Qualificação

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Idade</i>	0,04*** (0,0025)	0,006*** (0,0003)
<i>Idade²</i>	-0,0005*** (0,00003)	-0,00007*** (0,000004)
<i>Mulher</i>	-0,25*** (0,0085)	-0,03*** (0,0013)
<i>Branco</i>	0,46*** (0,0091)	0,07*** (0,0014)
<i>Urb</i>	0,99*** (0,0138)	0,15*** (0,0021)
<i>Norte</i>	-0,55*** (0,0155)	-0,08*** (0,0024)
<i>Nordeste</i>	-0,38*** (0,0140)	-0,06*** (0,0022)
<i>Sudeste</i>	0,23***	0,03***

	(0,0141)	(0,0022)
<i>Sul</i>	0,21***	0,03***
	(0,0159)	(0,0025)
<i>Constante</i>	-0,36***	
	(0,0499)	
<i>Pseudo R²</i>	0,0508	
<i>Observações</i>	365.030	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) *** p < 0,01; ii) Erros-padrão entre parênteses.

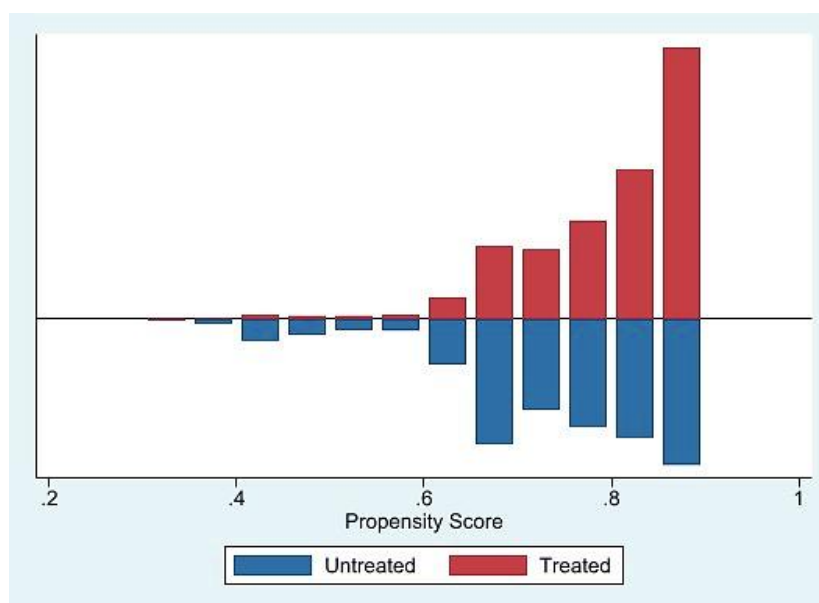
Tabela 20 - Teste de balanceamento do pareamento - Alta Qualificação

Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
<i>Idade</i>	Não Pareada	37,91	37,50	3,6***
	Pareada	37,91	37,91	0,0 ^{ns}
<i>Idade²</i>	Não Pareada	1.562,3	1.537,2	2,7***
	Pareada	1.562,3	1.562,3	0,0 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,55	0,62	-14,3***
	Pareada	0,55	0,55	-0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,59	0,42	34,8***
	Pareada	0,59	0,59	0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,95	0,86	29,3***
	Pareada	0,95	0,95	-0,0 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,10	0,19	-24,2***
	Pareada	0,10	0,10	-0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,19	0,30	-24,9***
	Pareada	0,19	0,19	-0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,34	0,24	23,4***
	Pareada	0,34	0,34	0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,22	0,15	19,9***
	Pareada	0,22	0,22	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) *** p < 0,01; "ns" indica não significância estatística; ii) Número de observações: 365.030.

Figura 3 - Teste de suporte comum - Alta Qualificação



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Tabela 21 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Alta Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	1	1	1	1
1,2	0	0	1	1	1	1
1,4	0	0	1	1	1	1
1,6	0	0	1	1	1	1
1,8	0	0	1	1	1	1
2,0	0	0	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 22 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Alta Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	7,44	7,44	7,44	7,44
1,2	0	0	7,37	7,51	7,37	7,51
1,4	0	0	7,32	7,56	7,31	7,56
1,6	0	0	7,27	7,61	7,27	7,59
1,8	0	0	7,23	7,65	7,23	7,66
2,0	0	0	7,19	7,69	7,19	7,70

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 23 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Média Qualificação

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Idade</i>	0,01*** (0,0015)	0,002*** (0,0003)
<i>Idade</i> ²	-0,0001*** (0,00001)	-0,00002*** (0,000003)
<i>Mulher</i>	-0,13*** (0,0056)	-0,03*** (0,0011)
<i>Branco</i>	0,44*** (0,0061)	0,09*** (0,0012)
<i>Urb</i>	1,06*** (0,0092)	0,22*** (0,0018)
<i>Norte</i>	-0,63*** (0,0101)	-0,13*** (0,0024)
<i>Nordeste</i>	-0,62*** (0,0095)	-0,13*** (0,0021)
<i>Sudeste</i>	0,16*** (0,0106)	0,03*** (0,0019)
<i>Sul</i>	0,22*** (0,0287)	0,04*** (0,0022)
<i>Constante</i>	-1,73***	
<i>Pseudo R</i> ²	0,0635	
<i>Observações</i>	612.102	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) *** p < 0,01; ii) Erros-padrão entre parênteses.

Tabela 24 - Teste de balanceamento do pareamento - Média Qualificação

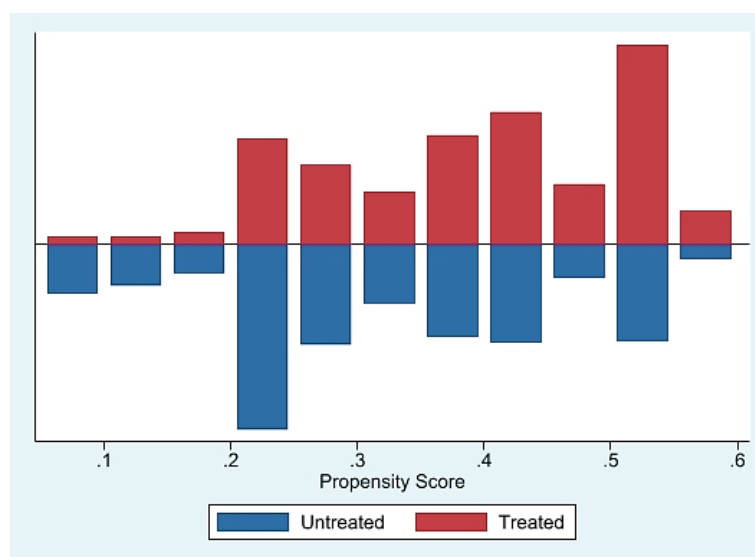
Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
<i>Idade</i>	Não Pareada	36,13	34,86	10,7***
	Pareada	36,13	36,13	0,0 ^{ns}
<i>Idade</i> ²	Não Pareada	1.450,7	1.353,7	10,6***
	Pareada	1.450,7	1.450,7	0,0 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,43	0,45	-4,5***

	Pareada	0,43	0,43	0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,48	0,32	32,1***
	Pareada	0,48	0,48	0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,92	0,80	37,0***
	Pareada	0,92	0,92	0,0 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,087	0,15	-20,8***
	Pareada	0,087	0,08	0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,18	0,33	-34,5***
	Pareada	0,18	0,18	0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,37	0,26	23,7***
	Pareada	0,37	0,37	0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,23	0,14	23,2***
	Pareada	0,23	0,23	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** $p < 0,01$; “ns” indica não significância estatística; ii) Número de observações: 612.102.

Figura 4 - Teste de suporte comum - Média Qualificação



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Tabela 25 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Média Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	1	1	1	1
1,2	0	0	1	1	1	1
1,4	0	0	1	1	1	1

1,6	0	0	1	1	1	1
1,8	0	0	1	1	1	1
2,0	0	0	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 26 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Média Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	7,03	7,03	7,03	7,03
1,2	0	0	6,97	7,08	6,97	7,08
1,4	0	0	6,92	7,13	6,92	7,13
1,6	0	0	6,88	7,17	6,88	7,17
1,8	0	0	6,85	7,20	6,85	7,20
2,0	0	0	6,82	7,23	6,81	7,24

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 27 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Baixa Qualificação

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Idade</i>	0,08*** (0,0027)	0,006*** (0,0002)
<i>Idade²</i>	-0,001*** (0,00003)	-0,00008*** (0,000002)
<i>Mulher</i>	-0,06*** (0,0100)	-0,005*** (0,0008)
<i>Branco</i>	0,46*** (0,0102)	0,04*** (0,0008)
<i>Urb</i>	1,30*** (0,0132)	0,11*** (0,0011)
<i>Norte</i>	-0,73*** (0,0215)	-0,06*** (0,0017)
<i>Nordeste</i>	-1,04*** (0,0178)	-0,09*** (0,0015)
<i>Sudeste</i>	0,15*** (0,0154)	0,01*** (0,0012)

<i>Sul</i>	0,25*** (0,0163)	0,02*** (0,0014)
<i>Constante</i>	-4,46*** (0,0588)	
<i>Pseudo R²</i>	0,0953	
<i>Observações</i>	535.782	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota(s): i) *** p < 0,01; ii) Erros-padrão entre parênteses.

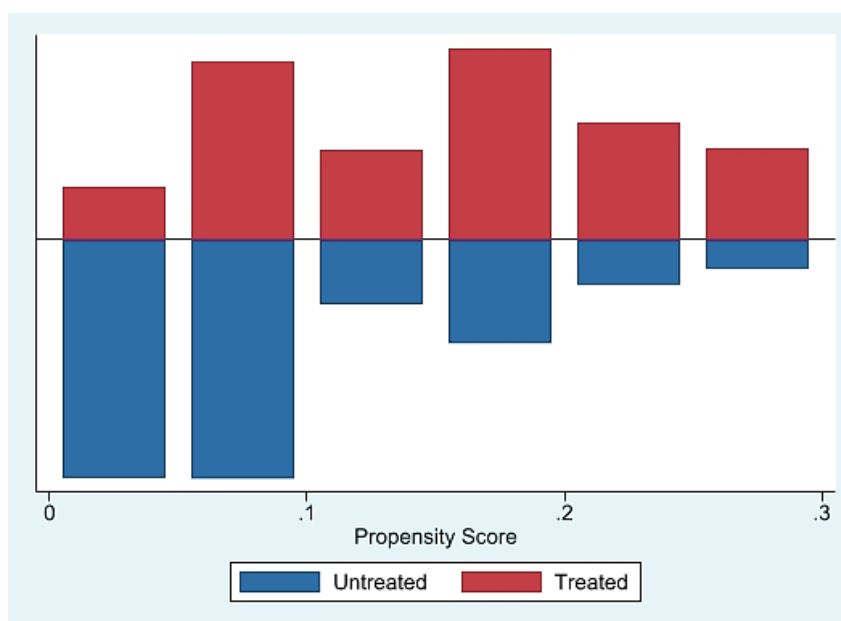
Tabela 28 - Teste de balanceamento do pareamento - Baixa Qualificação

Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
<i>Idade</i>	Não Pareada	43,18	43,56	-3,2***
	Pareada	43,18	43,18	0,0 ^{ns}
<i>Idade²</i>	Não Pareada	1.992,9	2.041,7	-5,0***
	Pareada	1.992,9	1.992,9	0,0 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,35	0,31	7,7***
	Pareada	0,35	0,35	0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,48	0,31	35,4***
	Pareada	0,48	0,48	0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,86	0,61	59,8***
	Pareada	0,86	0,86	0,0 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,07	0,14	-22,1***
	Pareada	0,07	0,07	0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,14	0,36	-52,7***
	Pareada	0,14	0,14	0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,36	0,24	26,7***
	Pareada	0,36	0,36	0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,30	0,16	32,7***
	Pareada	0,30	0,30	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** p < 0,01; “ns” indica não significância estatística; ii) Número de observações: 535.782.

Figura 5 - Teste de suporte comum - Baixa Qualificação



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Tabela 29 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre a ocupação- Baixa Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	1	1	1	1
1,2	0	0	1	1	1	1
1,4	0	0	1	1	1	1
1,6	0	0	1	1	1	1
1,8	0	0	1	1	1	1
2,0	0	0	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 30 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Baixa Qualificação

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	6,68	6,69	6,68	6,69
1,2	0	0	6,61	6,75	6,61	6,75
1,4	0	0	6,55	6,81	6,55	6,81
1,6	0	0	6,49	6,85	6,49	6,85
1,8	0	0	6,45	6,89	6,45	6,89
2,0	0	0	6,40	6,93	6,40	6,93

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 31 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Mercado Formal

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Idade</i>	0,03*** (0,0016)	0,006*** (0,0003)
<i>Idade²</i>	-0,0003*** (0,00002)	-0,00006*** (0,000003)
<i>Mulher</i>	-0,13*** (0,0059)	0,55*** (0,0011)
<i>Branco</i>	0,43*** (0,0062)	0,07*** (0,0011)
<i>Urb</i>	0,93*** (0,0098)	0,17*** (0,0017)
<i>Norte</i>	-0,45*** (0,0121)	-0,08*** (0,0022)
<i>Nordeste</i>	-0,40*** (0,0103)	-0,07*** (0,0018)
<i>Sudeste</i>	0,19*** (0,0096)	0,03*** (0,0017)
<i>Sul</i>	0,16*** (0,0104)	0,03*** (0,0018)
<i>Alto_quali</i>	3,06*** (0,0094)	0,55*** (0,0011)
<i>Media_quali</i>	1,29*** (0,0084)	0,23*** (0,0014)
<i>Constante</i>	-3,24*** (0,0341)	
<i>Pseudo R²</i>	0,2259	
<i>Observações</i>	666.346	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** p < 0,01; ii) Erros-padrão entre parênteses.

Tabela 32 - Teste de balanceamento do pareamento - Mercado Formal

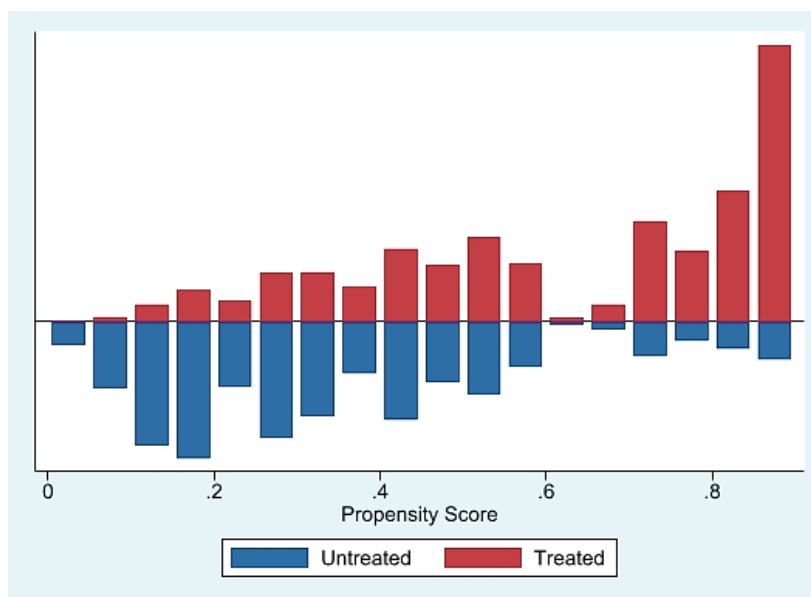
Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
------------------	----------------	------------------------	-------------------------	-----------------

<i>Idade</i>	Não Pareada	38,46	39,03	-4,9***
	Pareada	38,46	38,46	0,0 ^{ns}
<i>Idade²</i>	Não Pareada	1.606	1.664,7	-6,3***
	Pareada	1.606	1.605,5	0,1 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,48	0,40	16,2***
	Pareada	0,48	0,48	-0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,55	0,37	37,0***
	Pareada	0,55	0,55	0,0 ^{ns}
<i>Alto_quali</i>	Não Pareada	0,56	0,13	103,1***
	Pareada	0,56	0,56	0,0 ^{ns}
<i>Media_quali</i>	Não Pareada	0,36	0,50	-27,4***
	Pareada	0,36	0,36	-0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,94	0,81	41,1***
	Pareada	0,94	0,94	-0,0 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,09	0,12	-8,7***
	Pareada	0,09	0,09	-0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,17	0,25	-19,6***
	Pareada	0,17	0,17	-0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,36	0,29	13,4***
	Pareada	0,36	0,36	-0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,25	0,21	10,6***
	Pareada	0,25	0,25	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** $p < 0,01$; “ns” indica não significância estatística; ii) Número de observações: 666.346.

Figura 6 - Teste de suporte comum – Mercado Formal



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Tabela 33 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Mercado formal

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	7,38	7,38	7,38	7,38
1,2	0	0	7,32	7,44	7,32	7,44
1,4	0	0	7,28	7,49	7,27	7,49
1,6	0	0	7,24	7,54	7,23	7,54
1,8	0	0	7,20	7,58	7,20	7,58
2,0	0	0	7,17	7,62	7,17	7,62

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 34 - Determinantes da probabilidade individual de digitalização - Mercado informal

Variáveis	Coefficientes	Efeitos Marginais
<i>Idade</i>	0,03*** (0,0018)	0,004*** (0,0002)
<i>Idade</i> ²	-0,0004*** (0,00002)	-0,00006*** (0,000002)
<i>Mulher</i>	-0,09*** (0,0070)	-0,01*** (0,0008)

<i>Branco</i>	0,46*** (0,0075)	0,06*** (0,0009)
<i>Urb</i>	1,23*** (0,0098)	0,15*** (0,0011)
<i>Norte</i>	-0,72*** (0,0140)	-0,09*** (0,0017)
<i>Nordeste</i>	-0,72*** (0,0121)	-0,09*** (0,0015)
<i>Sudeste</i>	0,21*** (0,0118)	0,02*** (0,0014)
<i>Sul</i>	0,34*** (0,0131)	0,04*** (0,0016)
<i>Constante</i>	-3,89*** (0,0375)	
<i>Pseudo R²</i>	0,3136***	
<i>Observações</i>	682.129	

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** $p < 0,01$; ii) Erros-padrão entre parênteses.

Tabela 35 - Teste de balanceamento do pareamento – Mercado Informal

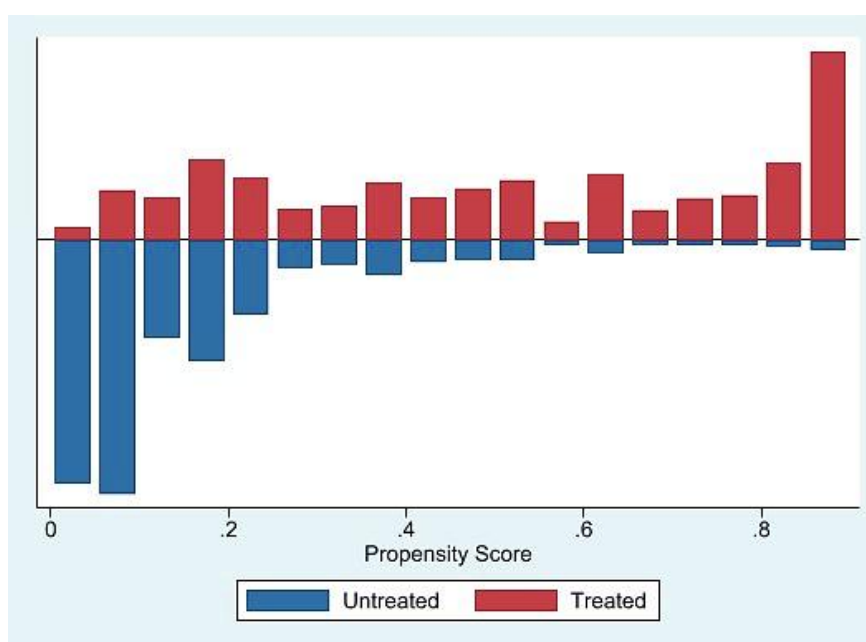
Variáveis	Amostra	Média (Tratado)	Média (Controle)	Viés (%)
<i>Idade</i>	Não Pareada	37,99	40,97	-24,1***
	Pareada	37,99	37,99	-0,0 ^{ns}
<i>Idade²</i>	Não Pareada	1.588,6	1.838,8	-24,8
	Pareada	1.588,6	1.588,8	-0,0 ^{ns}
<i>Mulher</i>	Não Pareada	0,48	0,37	22,9***
	Pareada	0,48	0,48	-0,0 ^{ns}
<i>Branco</i>	Não Pareada	0,53	0,31	46,0***
	Pareada	0,53	0,53	0,0 ^{ns}
<i>Urb</i>	Não Pareada	0,91	0,62	71,0***
	Pareada	0,91	0,91	-0,1 ^{ns}
<i>Norte</i>	Não Pareada	0,10	0,17	-20,7***
	Pareada	0,10	0,10	-0,0 ^{ns}
<i>Nordeste</i>	Não Pareada	0,20	0,39	-42,4***

	Pareada	0,20	0,20	-0,0 ^{ns}
<i>Sudeste</i>	Não Pareada	0,35	0,21	30,0***
	Pareada	0,35	0,35	-0,0 ^{ns}
<i>Sul</i>	Não Pareada	0,22	0,13	23,8***
	Pareada	0,22	0,22	0,0 ^{ns}

Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Nota: i) *** $p < 0,01$; “ns” indica não significância estatística; ii) Número de observações: 682.129.

Figura 7 - Teste de suporte comum – Mercado informal



Fonte: Elaboração própria a partir dos microdados da PNADC.

Tabela 36 - Teste de Rosenbaum para o efeito da digitalização sobre os rendimentos - Mercado informal

Gamma	sig+	sig-	t-hat+	t-hat-	IC+	IC-
1,0	0	0	6,68	6,68	6,68	6,68
1,2	0	0	6,60	6,75	6,60	6,76
1,4	0	0	6,53	6,82	6,53	6,82
1,6	0	0	6,48	6,87	6,48	6,87
1,8	0	0	6,43	6,92	6,42	6,92
2,0	0	0	6,38	6,96	6,37	6,96

Fonte: Elaboração própria.