Determinantes da Polarização do Mercado de Trabalho: Uma Análise Empírica para 69 Países (2010–2024)

Andressa Neis[1]

Eliane Cristina de Araujo[2]

Resumo: Este trabalho investiga os determinantes da polarização do mercado de trabalho em 69 países, entre 2010 e 2024, utilizando dados em painel dinâmico estimados pelo Método dos Momentos Generalizados em Sistema (System GMM). A análise testa cinco grupos de fatores identificados no Ensaio 1 desta tese, por meio de revisão bibliométrica: (i) tecnologia e automação; (ii) mudanças estruturais e setoriais; (iii) globalização e *offshoring*; (iv) educação e habilidades; e (v) desigualdade e segmentação. A variável dependente é um índice normalizado de polarização do emprego (ISCO-88), construído com dados da ILOSTAT, OCDE e Banco Mundial, com controles para PIB per capita e inflação. Os resultados indicam elevada persistência temporal da polarização, evidenciando sua rigidez estrutural. A redução da participação industrial apresentou efeito negativo e estatisticamente robusto em todas as especificações, confirmando o papel da desindustrialização na intensificação do formato em "U" da distribuição ocupacional. A globalização mostrou impacto negativo marginal no agregado, mas significativo no grupo de países com alta polarização, enquanto a educação exerceu efeito positivo e estatisticamente significativo, sugerindo que maior qualificação média pode mitigar a perda de empregos intermediários. No agregado, tecnologia e desigualdade não foram significativas; entretanto, nas análises por subgrupos, a educação apareceu como intensificadora da polarização em países de alta renda, ao passo que a desigualdade atuou como fator de redução. Já em países de renda média-alta, apenas a persistência se manteve significativa, refletindo maior heterogeneidade estrutural e institucional. Conclui-se que os determinantes da polarização variam de acordo com o estágio de desenvolvimento e o nível de polarização dos países. Políticas eficazes devem, portanto, ser adaptadas ao contexto: em economias avançadas, é necessário equilibrar a expansão da qualificação com mecanismos redistributivos, enquanto em economias em transição estrutural, o foco deve recair sobre diversificação produtiva, absorção tecnológica e fortalecimento da proteção social.
Palavras-chave: polarização do mercado de trabalho; determinantes da polarização; System GMM; painel dinâmico.

Abstract: This study investigates the determinants of labor market polarization in 69 countries between 2010 and 2024, using dynamic panel data estimated through the System Generalized Method of Moments (System GMM). The analysis examines five groups of factors identified in Essay 1 of this dissertation through a bibliometric review: (i) technology and automation; (ii) structural and sectoral change; (iii) globalization and offshoring; (iv) education and skills; and (v) inequality and labor market segmentation. The dependent variable is a normalized polarization index (ISCO-88), constructed from ILOSTAT, OECD, and World Bank data, with GDP per capita and inflation as controls. The results reveal a strong temporal persistence of polarization, underscoring its structural rigidity. The decline in industrial employment exhibited a negative and statistically robust effect across all specifications, confirming the role of deindustrialization in reinforcing the "U-shaped" occupational pattern. Globalization showed a marginal negative impact in the aggregate but became significant among highly polarized countries. Education exerted a positive and statistically significant effect overall, suggesting that higher average skills can mitigate the erosion of middle-skill jobs, but in high-income countries it was associated with stronger polarization. In the aggregate, technology and inequality were not significant; however, subgroup analyses revealed that inequality reduced polarization in high-income economies, reflecting the moderating role of more inclusive labor markets. In upper-middle-income countries, only persistence remained significant, reflecting greater structural and institutional heterogeneity. Overall, the findings highlight that the determinants of polarization vary according to both the level of development and the stage of polarization. Effective policies should therefore be tailored to national contexts: in advanced economies, balancing skill upgrading with redistributive mechanisms is crucial, while in transition economies, strategies should prioritize productive diversification, technological absorption, and stronger social protection systems.
Keywords: labor market polarization; determinants of polarization; System GMM; dynamic panel.

Código JEL: J62; J21

Área Temática: Área 1. Desigualdades: Regiões, Renda, Gênero e Raça

[1] Doutoranda em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). E-mail: neisandressa@gmail.com
[2] Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: elianedearaujo@gmail.com

1.Introdução

O conceito de polarização do mercado de trabalho descreve a tendência de retração das ocupações de qualificação intermediária, concomitante à expansão relativa dos postos de alta e baixa qualificação; resultando em um formato em "U"[3] na distribuição ocupacional. O termo foi cunhado e amplamente difundido por Goos e Manning (2007), a partir da análise do mercado de trabalho britânico, e posteriormente consolidado por estudos como Autor, Katz e Kearney (2006) e Acemoglu e Autor (2011), que formalizaram os mecanismos subjacentes a esse fenômeno em economias desenvolvidas.

Desde então, a polarização consolidou-se como um tema central na economia do trabalho contemporânea, dada sua interseção com debates sobre mudança tecnológica, reorganização produtiva e desigualdade de renda. Embora inicialmente documentada de forma mais intensa em países avançados, evidências recentes indicam que o fenômeno também se manifesta — ainda que de maneira mais incipiente e heterogênea — em economias emergentes e em desenvolvimento, à medida que essas se inserem nas cadeias globais de valor e incorporam novas tecnologias.

A compreensão dessa dinâmica requer uma abordagem multifatorial, que considere simultaneamente determinantes tecnológicos, estruturais, globais, educacionais e institucionais. Mudanças como a substituição de tarefas rotineiras por automação (Autor, Levy e Murnane, 2003), a transição da indústria para serviços de baixo valor agregado (McMillan, Rodrik e Verduzco-Gallo, 2014) e a realocação internacional de segmentos produtivos (Feenstra e Hanson, 1996; Autor, Dorn e Hanson, 2013) afetam de forma desigual a distribuição do emprego, interagindo com o nível de qualificação da força de trabalho e com o grau de segmentação dos mercados.

No primeiro artigo desta tese (Ensaio 1), por meio de uma análise bibliométrica da literatura internacional, foram identificados cinco grupos de determinantes recorrentes da polarização do trabalho: (i) tecnologia e automação; (ii) mudanças estruturais e setoriais; (iii) globalização e *offshoring*; (iv) educação e habilidades; e (v) desigualdade e segmentação do mercado de trabalho. Esses achados teóricos constituem a base conceitual para a presente investigação empírica.

O objetivo deste segundo artigo (Ensaio 2) é testar, com dados em painel para um conjunto de 69 países entre 2010 e 2024, se esses determinantes teóricos influenciam de forma significativa a intensidade da polarização ocupacional. Para tanto, emprega-se um modelo dinâmico estimado pelo Método dos Momentos Generalizados em Sistema (System GMM), conforme Arellano e Bover

[3] O padrão em "U" refere-se a uma configuração da distribuição ocupacional na qual há crescimento relativo das ocupações situadas nos extremos da escala de qualificação (alta e baixa) e retração das posições intermediárias. Visualmente, quando representada graficamente, essa distribuição assume a forma da letra "U". O conceito é amplamente documentado na literatura sobre polarização do trabalho (GOOS & MANNING, 2007; ACEMOGLU & AUTOR, 2011).

(1995) e Blundell e Bond (1998), técnica adequada para lidar com endogeneidade, efeitos fixos não observáveis e autocorrelação serial.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico, aprofundando a discussão sobre cada um dos cinco determinantes identificados no Ensaio 1; a Seção 3 descreve a metodologia econométrica, a seleção da amostra e as variáveis utilizadas; a Seção 4 apresenta e analisa os resultados empíricos, incluindo estimações por subgrupos de renda e análises adicionais de robustez; e, por fim, a Seção 5 traz as conclusões, destacando as implicações teóricas e de política pública decorrentes dos achados.

2. Referencial Teórico

O fenômeno da polarização do mercado de trabalho, caracterizado pelo declínio relativo de ocupações intermediárias e pela expansão de empregos de alta e baixa qualificação, tem sido amplamente documentado na literatura econômica internacional. Sua compreensão exige uma abordagem multifatorial, que leve em conta transformações tecnológicas, estruturais, institucionais e educacionais.

Neste capítulo, a fundamentação teórica baseia-se nos cinco grupos de fatores identificados empiricamente na revisão bibliométrica conduzida no Ensaio 1 desta tese. A análise textual e de coocorrência de palavras-chave realizada naquele estudo revelou a predominância de cinco blocos temáticos como determinantes recorrentes da polarização do trabalho: (i) tecnologia e automação; (ii) mudanças estruturais e setoriais; (iii) globalização e *offshoring*; (iv) educação e habilidades; e (v) desigualdade e segmentação do mercado de trabalho. Estes grupos orientam a construção do modelo econométrico desenvolvido neste capítulo e estruturam a presente seção.

2.1 Tecnologia e Automação

A automação figura entre os principais vetores da polarização ocupacional, sobretudo pela substituição sistemática de tarefas rotineiras — tanto cognitivas quanto manuais — por sistemas computacionais, robótica industrial e tecnologias digitais. Conforme argumentam Autor, Levy e Murnane (2003), ocupações de qualificação intermediária tendem a ser mais vulneráveis à automação, ao passo que postos de alta qualificação (cognitivos abstratos) e de baixa qualificação (manuais não estruturadas) são, em maior medida, poupados ou mesmo complementados por essas inovações. Essa dinâmica foi confirmada por Goos e Manning (2007), que identificaram, para economias avançadas, um padrão em "U" na estrutura ocupacional: crescimento relativo nas extremidades da distribuição de qualificação e declínio no segmento intermediário. Acemoglu e Autor (2011) ampliam essa discussão ao demonstrar que a automação gera um viés de qualificação (*skill-*

biased technical change), favorecendo trabalhadores mais qualificados, mas com heterogeneidade setorial e ocupacional significativa.

Evidências recentes mostram que a atual onda tecnológica — marcada pela convergência entre inteligência artificial (IA), robótica industrial, sensores e *machine learning* — aprofunda o alcance da automação, favorecendo ocupações que exigem altos níveis de educação formal e ampliando os riscos de desemprego tecnológico e desigualdade salarial. Goldsmith e Casey (2024) argumentam que a 4ª Revolução Industrial está deslocando rapidamente a fronteira tecnológica, expandindo o conjunto de ocupações potencialmente afetadas e reforçando a tendência de polarização.

A vulnerabilidade à automação varia entre países e setores. Das e Hilgenstock (2021) propõem um índice global de "exposição à rotinização" que mede a intensidade de tarefas passíveis de automação. Ao aplicá-lo a economias desenvolvidas e em desenvolvimento, constatam que as primeiras apresentam maior exposição inicial, enquanto nas economias em desenvolvimento a exposição tende a aumentar com a transformação estrutural, elevando o risco de polarização à medida que o avanço tecnológico se difunde.

No nível microeconômico, Xue et al. (2022) analisam dados empresariais e verificam que a adoção de IA pode reconfigurar a composição educacional interna, aumentando a proporção de trabalhadores sem diploma universitário e reduzindo a participação relativa de funções que exigem ensino superior. O estudo identifica efeitos de *downskilling*[4] em determinadas ocupações, indicando que a automação não é necessariamente pró-qualificação e pode, em alguns casos, reduzir o nível formal de escolaridade exigido, ainda que amplie a necessidade de competências digitais e socioemocionais.

O impacto da automação, contudo, não se restringe a setores de alta tecnologia ou manufatura avançada. Náplava (2024) identifica, no mercado de trabalho da República Tcheca, um padrão em "U" característico da polarização, mesmo em regiões com forte peso do setor de serviços e da manufatura leve. Essa constatação converge com os achados de Holm, Lorenz e Nielsen (2020), segundo os quais mudanças organizacionais internas — frequentemente motivadas por novas tecnologias — podem alterar significativamente a composição ocupacional sem implicar deslocamentos intersetoriais expressivos.

A heterogeneidade setorial no impacto da automação e das transformações estruturais também pode ser observada em estudos como o de Garofalo et al. (2017), que analisam o declínio dos empregos de qualificação média em países do sul da Europa durante a Grande Recessão e sua relação com a desigualdade salarial. Os autores mostram que a intensidade e a natureza desse declínio variam

[4] *Downskilling* é o processo pelo qual uma ocupação ou função passa a exigir um nível de qualificação formal inferior ao anteriormente necessário. Pode ocorrer devido à simplificação de tarefas por meio da automação, padronização de processos ou reorganização produtiva. Embora reduza a exigência de escolaridade, frequentemente aumenta a demanda por habilidades específicas, como competências digitais ou socioemocionais.

entre contextos nacionais, refletindo diferenças na composição setorial e na capacidade dos mercados de trabalho de recompensar as qualificações.

Modelos de equilíbrio geral também têm sido utilizados para estimar os efeitos da automação e da computorizarão sobre a estrutura ocupacional e a desigualdade salarial. Tan (2024), ao calibrar um modelo com busca direcionada (*directed search*)[5] e heterogeneidade multidimensional, evidencia que o avanço de tecnologias poupadoras de trabalho rotineiro aumentou a complementaridade entre habilidades cognitivas e tarefas cognitivas, mas não entre habilidades manuais e tarefas manuais. Os resultados explicam grande parte do aumento da participação relativa dos empregos de alta remuneração em relação aos intermediários, bem como a queda dos empregos médios em relação aos de baixa remuneração, reforçando a tendência de polarização e ampliando a dispersão salarial entre grupos ocupacionais.

Em síntese, a literatura evidencia que a automação e o avanço tecnológico permanecem como determinantes centrais da polarização, mas seus efeitos dependem fortemente da estrutura produtiva, do contexto institucional e da capacidade de adaptação da força de trabalho. Essa diversidade de impactos reforça a necessidade de políticas ativas de qualificação e requalificação contínua, combinadas a estratégias que mitiguem os efeitos distributivos adversos do progresso tecnológico.

2.2 Mudanças Estruturais e Setoriais

As transformações na composição setorial da economia constituem um determinante central da polarização do trabalho. A transição do emprego da indústria para o setor de serviços — especialmente serviços de baixa qualificação ou altamente especializados — tende a reduzir a participação relativa de ocupações intermediárias. McMillan, Rodrik e Verduzco-Gallo (2014) demonstram que os efeitos dessa mudança estrutural sobre a produtividade e a composição do emprego variam significativamente entre regiões e dependem do padrão de realocação setorial: deslocamentos para setores de baixa produtividade podem comprometer o crescimento, enquanto migrações para segmentos dinâmicos e intensivos em capital humano podem ampliar a eficiência e alterar a estrutura ocupacional.

A literatura histórica sobre o tema, incluindo trabalhos como Berman, Bound e Machin (1998), já apontava que a mudança estrutural está intimamente ligada à evolução da demanda por qualificação, dado que setores diferem na intensidade de uso de trabalho qualificado e nas possibilidades de complementaridade tecnológica. Esses autores mostram que o viés tecnológico pró-

[5] O termo *directed search* refere-se a um arcabouço teórico de modelos de matching com fricções no qual trabalhadores e empregadores direcionam seus esforços de busca para segmentos específicos do mercado, levando em consideração atributos como salários, qualificação exigida e condições de trabalho. Diferencia-se da busca aleatória por permitir que as partes escolham estrategicamente para onde direcionar a procura ou a oferta, influenciando o equilíbrio do mercado.

qualificação esteve disseminado em economias desenvolvidas, influenciando a composição setorial e a distribuição ocupacional.

Evidências recentes confirmam essa relação. Náplava (2024) observa, no mercado de trabalho da República Tcheca, um padrão em "U" característico da polarização, marcado pelo crescimento simultâneo de ocupações de alta e baixa remuneração e retração das intermediárias. A análise mostra que o fenômeno ocorreu em sete regiões do país e foi mais intenso entre 2004 e 2010 no setor privado, indicando realocação da força de trabalho principalmente para ocupações de baixa remuneração.

Comparações internacionais reforçam que os mecanismos não são homogêneos. Albertini et al. (2024) mostram que, nos Estados Unidos, a polarização foi impulsionada principalmente por avanços tecnológicos e reorganização produtiva, ao passo que na França fatores institucionais — como políticas públicas e transformações no setor estatal — tiveram papel mais relevante. Essa diferença evidencia que o efeito da mudança estrutural sobre a polarização depende da interação entre estrutura produtiva e arcabouço institucional.

O papel das mudanças setoriais na qualidade dos empregos é abordado por Ngoc Ngo (2021), que desenvolve um índice de qualidade ocupacional — o *Quality Employment Index* (QEI) — incorporando elementos de estrutura produtiva e mudança tecnológica. Os autores mostram que a redução da participação da manufatura e a expansão de serviços de baixo valor agregado estão associadas à queda na qualidade média do emprego, com implicações para desigualdade e para as transformações estruturais no mercado de trabalho.

Contudo, a polarização não decorre apenas de deslocamentos intersetoriais. Holm, Lorenz e Nielsen (2020) demonstram que mudanças organizacionais internas às empresas — como adoção de novas tecnologias, terceirização e reconfiguração de processos — podem alterar a estrutura ocupacional sem que haja variação expressiva na participação setorial no valor adicionado.

Experiências nacionais ilustram que mudanças estruturais podem ter efeitos distintos conforme o contexto. Dweck et al. (2024), ao analisar o Brasil entre 2004 e 2013, mostram que a expansão do emprego formal e o aumento dos rendimentos em ocupações intermediárias mitigaram potenciais efeitos de polarização, sugerindo que mudanças estruturais podem, em certos casos, atuar como fator de contenção, e não de intensificação da polarização.

Por outro lado, estudos como o de Bonneuil e Kim (2017) mostram que a polarização não se limita à estrutura setorial e pode também ocorrer em termos de qualidade e estabilidade do emprego. Ao analisar o mercado de trabalho feminino na Coreia do Sul, os autores identificam uma clivagem marcada por idade: mulheres mais velhas concentram-se em empregos instáveis e de baixa qualidade, enquanto mulheres mais jovens têm maior presença em empregos estáveis, mas nem sempre de alta qualidade. Essa forma de polarização reflete tanto legados institucionais quanto transformações

recentes nas condições do mercado de trabalho, reforçando que fatores institucionais, tecnológicos e demográficos moldam a trajetória e a intensidade da polarização.

Em síntese, as evidências sugerem que a polarização ocupacional é sensível à forma como as economias realocam sua força de trabalho entre setores e ao tipo de mudança organizacional interna que acompanha esse processo. A interação entre especialização produtiva, progresso tecnológico e instituições define não apenas a magnitude, mas também a direção dos impactos sobre a estrutura do emprego.

2.3 Globalização e *Offshoring*

A literatura seminal sobre globalização e polarização, representada por Feenstra e Hanson (1996), demonstrou que o comércio com países de menor custo e o *offshoring* de atividades produtivas deslocam empregos intermediários para o exterior, pressionando a estrutura salarial e a distribuição ocupacional nas economias desenvolvidas. Pesquisas posteriores, como Autor, Dorn e Hanson (2013), reforçaram que o aumento das importações provenientes da China — especialmente no contexto da sua integração à Organização Mundial do Comércio — contribuiu para a redução de empregos industriais intermediários nos Estados Unidos, intensificando a polarização regional.

O impacto da globalização sobre o emprego intermediário envolve múltiplos canais. Além da concorrência direta com importações de baixo custo, há efeitos indiretos via reorganização das cadeias globais de valor e relocalização de segmentos produtivos para regiões mais competitivas. Essa reconfiguração global altera a demanda relativa por qualificações, reduzindo a intensidade de empregos de média qualificação e ampliando a participação de postos nos extremos da distribuição.

Evidências recentes indicam que esses efeitos interagem com a automação e outras inovações tecnológicas. Mandelman e Zlate (2022) mostram, por meio de um modelo dinâmico de equilíbrio geral, que o *offshoring* e a automação têm impactos negativos sobre ocupações intermediárias, enquanto a imigração de trabalhadores de baixa qualificação exerce pressão adicional sobre salários domésticos. Cavenaile (2021) documenta que, nos EUA, a automação foi o principal motor da polarização até a década de 1990, quando o *offshoring* assumiu protagonismo, evidenciando uma transição temporal na natureza dos choques.

A globalização também funciona como catalisador de mudanças estruturais no mercado de trabalho. Martins-Neto et al. (202) mostram que, embora a polarização seja mais evidente em economias avançadas, países em desenvolvimento integrados a cadeias globais de valor apresentam sinais incipientes do fenômeno, frequentemente mediados pelo padrão de especialização produtiva e pela qualidade institucional. Em contextos de baixa diversificação industrial e alta informalidade, os impactos da globalização tendem a se traduzir em ampliação de empregos precários de baixa qualificação.

As repercussões da globalização vão além da esfera econômica, alcançando dimensões sociais e políticas. Drinkwater (2021) ilustra esse ponto ao analisar o Reino Unido, onde regiões mais afetadas pela perda de empregos industriais intermediários devido à concorrência externa apresentaram maior propensão ao voto favorável ao Brexit. Esse resultado sugere que os impactos distributivos e ocupacionais do comércio internacional influenciam a coesão social e as preferências políticas.

O estudo de Heyman & Sjöholm (2019) aprofunda o entendimento sobre o efeito qualitativo da globalização, demonstrando que o comércio internacional pode modificar o conteúdo das tarefas desempenhadas mesmo em ocupações aparentemente estáveis. Isso implica não apenas deslocamento entre setores ou regiões, mas também uma redefinição da natureza do trabalho dentro das ocupações, frequentemente aumentando a proporção de tarefas de baixa ou alta qualificação.

Um desdobramento contemporâneo é a chamada "globalização digital". Yeo e Jung (2024) mostram que políticas de telecomunicações e integração digital internacional facilitam o deslocamento virtual de atividades rotineiras para países de menor custo, expandindo as possibilidades de *offshoring* e interagindo com o comércio físico tradicional para intensificar a polarização.

Em conjunto, essas evidências confirmam que a globalização — física e digital — é um determinante chave da polarização do trabalho. Seus efeitos se amplificam quando combinados à automação e às mudanças estruturais, o que exige políticas públicas que conciliem competitividade internacional com proteção e reconversão da força de trabalho, especialmente em segmentos e regiões mais vulneráveis.

2.4 Educação e Habilidades

A qualificação da força de trabalho é apontada pela literatura como um fator crucial para moderar os efeitos da polarização. Trabalhadores com maior escolaridade formal e competências técnicas, digitais e socioemocionais apresentam maior capacidade de adaptação às transformações tecnológicas e organizacionais. No entanto, o tipo e a qualidade das habilidades adquiridas condicionam fortemente essa capacidade de adaptação.

A discussão sobre o papel da educação na estrutura ocupacional remonta a contribuições clássicas como Goldin e Katz (2009), que enfatizam a importância do capital humano para acompanhar o progresso tecnológico, e Hanushek e Woessmann (2015), que destacam que a qualidade educacional — medida pelo desempenho em competências cognitivas — é tão ou mais importante que os anos de estudo na determinação da produtividade e da empregabilidade. Em linha com essa visão, Autor, Levy e Murnane (2003) já identificavam que, diante da automação,

trabalhadores com habilidades complementares às tecnologias têm maiores chances de permanecer ou avançar no mercado de trabalho.

Estudos recentes reforçam que a relação entre educação e polarização é complexa e nem sempre linear. Xue et al. (2022) mostram que a adoção de inteligência artificial (IA) no nível das empresas pode levar, em determinados contextos, ao aumento do emprego de trabalhadores sem diploma universitário e à redução da participação de trabalhadores com ensino superior em certas funções — indicando um possível efeito de *downskilling*. Por outro lado, a automação frequentemente aumenta a demanda por competências específicas, como habilidades digitais avançadas e capacidades socioemocionais voltadas para resolução de problemas complexos e gestão de processos automatizados.

A importância da combinação de habilidades é destacada por Duan et al. (2024), que aplicam análise de redes para examinar a relação entre conjuntos de competências e prêmios salariais no setor agrícola chinês. Os autores constatam que as maiores remunerações são associadas a *bundles*[6] de habilidades técnicas e cognitivas avançadas, sugerindo que a vantagem competitiva no mercado de trabalho deriva menos de qualificações isoladas e mais de pacotes de competências complementares.

O papel moderador da educação também se manifesta em estudos focados em mercados de trabalho nacionais. Tan (2024), ao modelar a heterogeneidade multidimensional do mercado de trabalho norte-americano, demonstra que a introdução de tecnologias poupadoras de trabalho rotineiro aumenta de forma persistente a demanda por habilidades cognitivas complexas, beneficiando de maneira desproporcional os trabalhadores com maior capital humano acumulado.

A convergência dessas evidências aponta para alguns fatos estilizados: (i) a escolaridade formal é um amortecedor parcial contra os efeitos da polarização, mas não garante proteção se desacompanhada de habilidades específicas demandadas pela nova estrutura produtiva; (ii) a atualização constante e a diversificação de competências tornam-se essenciais, sobretudo em ambientes de rápida difusão tecnológica; e (iii) a política educacional deve integrar formação técnica, digital e socioemocional, garantindo que os trabalhadores possam transitar entre ocupações e setores à medida que a demanda por tarefas evolui.

Em suma, a educação e o desenvolvimento de habilidades são elementos estratégicos para mitigar os impactos adversos da polarização e potencializar seus efeitos positivos sobre a produtividade e o crescimento. Entretanto, sua eficácia depende de um alinhamento contínuo entre os sistemas de formação e as demandas do mercado de trabalho em transformação.

---

[6] Bundles" refere-se a pacotes ou conjuntos de habilidades que, quando combinados, proporcionam uma vantagem competitiva no mercado de trabalho. Em vez de se considerar habilidades isoladas, a análise foca em como a combinação de competências complementares pode ser mais valorizada no ambiente profissional.

2.5 Desigualdade e Segmentação

A desigualdade pré-existente e a segmentação do mercado de trabalho são dimensões estruturais que condicionam tanto a intensidade quanto os mecanismos de transmissão da polarização. Em economias caracterizadas por elevada informalidade, dualismo institucional e barreiras estruturais de acesso a empregos de qualidade, as mudanças tecnológicas, estruturais e globais tendem a aprofundar as disparidades salariais e ocupacionais.

A relação entre polarização e desigualdade foi analisada por Autor, Katz e Kearney (2006), que demonstram como o declínio das ocupações intermediárias, combinado à expansão de postos de baixa e alta qualificação, contribui para ampliar as diferenças salariais. Fields (2005) e Tokman (2007) reforçam que, em mercados de trabalho segmentados, os efeitos da polarização são exacerbados, pois trabalhadores deslocados de empregos médios frequentemente migram para postos informais de baixa remuneração, perpetuando a exclusão social e econômica.

Estudos recentes oferecem evidências empíricas dessa interação. Dabla-Norris et al. (2023) analisam o caso do Reino Unido e mostram que o declínio de ocupações rotineiras afetou de forma desproporcional jovens mulheres sem diploma universitário, ampliando as desigualdades salariais intra e intergrupos. Os autores ressaltam que esse efeito não decorre apenas das transformações tecnológicas e estruturais, mas também da persistência de barreiras institucionais e sociais que limitam o acesso a ocupações mais qualificadas.

No contexto brasileiro, Dweck et al. (2022) identificam que, entre 2004 e 2013, a redução da desigualdade coincidiu com a expansão do emprego formal e o aumento dos rendimentos nas ocupações intermediárias. Essa trajetória sugere que políticas distributivas e de formalização do trabalho podem atenuar os efeitos potencialmente polarizantes das mudanças estruturais e tecnológicas, sobretudo quando associadas a crescimento econômico sustentado e fortalecimento institucional.

Já em países com alta informalidade e baixa cobertura de proteção social, a vulnerabilidade dos trabalhadores deslocados tende a ser maior. Martins-Neto et al. (2023) mostram que, nesses contextos, a realocação de trabalhadores provenientes de ocupações intermediárias ocorre predominantemente para empregos informais e de baixa produtividade, ampliando a disparidade de renda (*income gap*) e reduzindo as oportunidades de mobilidade social ascendente.

Essas evidências permitem identificar alguns fatos estilizados: (i) a polarização tem maior potencial de ampliar desigualdades em mercados de trabalho segmentados e com baixa proteção social; (ii) políticas redistributivas, de formalização e de acesso à educação e qualificação profissional são capazes de mitigar esses efeitos; e (iii) a estrutura institucional e o grau de informalidade definem, em grande medida, a capacidade de resposta das economias aos choques associados à polarização.

Em síntese, compreender a polarização exige incorporar variáveis que capturem a desigualdade e a segmentação do mercado de trabalho. Ignorar esses elementos implica subestimar a heterogeneidade de impactos e as implicações distributivas do fenômeno, o que pode levar a diagnósticos incompletos e políticas menos efetivas.

3. Metodologia

Este capítulo tem por objetivo investigar os determinantes da polarização do mercado de trabalho em um conjunto selecionado de 69 países, representativos de distintos estágios de desenvolvimento econômico, inserção internacional e estrutura produtiva. A análise empírica baseia-se em um modelo de dados em painel dinâmico, estimado por meio do Método dos Momentos Generalizados em Sistema (System GMM), conforme proposto por Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998).

A especificação econométrica adotada para a análise empírica baseia-se no seguinte modelo dinâmico de dados em painel, estimado por System GMM:

$$POL_{it} = \alpha \cdot POL_{it-1} + \beta_1 \cdot TECH_{it} + \beta_2 \cdot STRUCHG_{it} + \beta_3 \cdot GLOBAL_{it} + \beta_4 \cdot EDU_{it} + \beta_5 \cdot INEQ_{it} + \gamma \cdot X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

em que:

- POL_{it} representa a medida de polarização do mercado de trabalho no país *i* no ano *t*, definida como o grau de retração relativa do emprego intermediário em comparação aos extremos da distribuição ocupacional;
- $\alpha \cdot POL_{it-1}$ é o termo defasado da variável dependente, incorporado ao modelo para capturar a persistência temporal e a inércia do fenômeno de polarização;
- $\beta_1 \cdot TECH_{it} + \beta_2 \cdot STRUCHG_{it} + \beta_3 \cdot GLOBAL_{it} + \beta_4 \cdot EDU_{it} + \beta_5 \cdot INEQ_{it}$ correspondem aos coeficientes associados aos principais determinantes teóricos da polarização, que incluem:
  - tecnologia e automação ($TECH_{it}$),
  - mudanças estruturais e setoriais ($STRUCHG_{it}$),
  - globalização e *offshoring* ($GLOBAL_{it}$),
  - qualificação da força de trabalho (EDU_{it}),
  - desigualdades pré-existentes ($INEQ_{it}$);
- $\gamma \cdot X_{it}$ representa o vetor de variáveis de controle macroeconômico, incluindo a taxa de inflação e o PIB per capita (em logaritmo);

- μ_i e λ_t são os efeitos fixos específicos de país e de tempo, respectivamente, que controlam por características não observadas invariantes no tempo e choques comuns ao longo do período analisado;
- ε_{it} é o termo de erro idiossincrático.

O uso do estimador System GMM justifica-se por diversas características da estrutura dos dados e da natureza do problema em análise: (i) a presença de efeitos fixos não observáveis associados a fatores institucionais e históricos dos países; (ii) a possível endogeneidade das variáveis explicativas, como é o caso da tecnologia, da educação e da desigualdade, que podem ser simultaneamente causa e consequência da polarização; (iii) a autocorrelação serial dos erros e a heterocedasticidade entre os países; e (iv) a necessidade de utilizar instrumentos válidos baseados em defasagens das variáveis endógenas para obter estimadores consistentes. Conforme Roodman (2009), a aplicação do System GMM requer a realização de testes de validade dos instrumentos (Sargan), além da verificação de ausência de autocorrelação de segunda ordem nos resíduos (teste de Arellano-Bond). Ambas as verificações serão conduzidas a fim de assegurar a robustez dos resultados.

Quanto a seleção dos países considerados na análise empírica, a mesma foi realizada em duas etapas. Na primeira, adotou-se a classificação por nível de renda elaborada pelo Banco Mundial, conforme disponível na base de dados *World Development Indicators* (WDI). Os países foram agrupados em quatro categorias: Baixa Renda, Renda Média-Baixa, Renda Média-Alta e Alta Renda, totalizando 232 países.

Na segunda etapa, a amostra foi refinada com base na disponibilidade de dados harmonizados e desagregados sobre a composição do emprego por nível de qualificação, segundo a Classificação Internacional de Ocupações (ISCO-88). Foram incluídos apenas os países que apresentavam séries anuais completas e consistentes para o período de 2010 a 2024, sendo excluídos aqueles com lacunas ou inconsistências significativas nas variáveis de interesse. Esse critério assegurou a comparabilidade internacional e a robustez dos resultados obtidos na análise empírica.

Após a aplicação desses critérios, 69 países permaneceram na amostra final. A Tabela 2 apresenta a distribuição dos países selecionados por nível de renda:

Tabela 1 – Classificação dos 69 países da amostra - por nível de renda, segundo o Banco Mundial e disponibilidade de dados (2010–2024)

Nível de Renda	Países
Alta Renda	Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, Croácia, Chipre, República Tcheca, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Israel, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Noruega, Polônia, Portugal, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça, Emirados Árabes Unidos, Reino Unido, Estados Unidos, Uruguai

Renda Média Alta	Armênia, Bósnia e Herzegovina, Brasil, Bulgária, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Geórgia, Guatemala, Maurício, México, Montenegro, Macedônia do Norte, Panamá, Paraguai, Romênia, Federação Russa, Sérvia, África do Sul, Tailândia
Renda Média Baixa	Índia, Indonésia, Mongólia, Namíbia, Paquistão, Filipinas, Sri Lanka, Tunísia, Vietnã
Baixa Renda	Mali, Ruanda, Tanzânia, Uganda

Fonte: Elaborado pela autora.

A seleção das variáveis explicativas baseou-se nos principais determinantes identificados na revisão bibliométrica realizada no primeiro capítulo da tese. Esses determinantes foram organizados em cinco categorias: (i) tecnologia e automação; (ii) mudanças estruturais e setoriais; (iii) globalização e *offshoring*; (iv) educação e habilidades; e (v) desigualdade e segmentação do mercado de trabalho. O quadro a seguir apresenta o dicionário de variáveis e suas respectivas fontes.

Quadro 1 - Dicionário de Variáveis e Coleta

Categoria	**Variável**	**Descrição (Fonte oficial)**	**Fonte**	**Justificativa para uso como proxy**
Polarização do Trabalho	Índice de polarização do emprego	(% empregos de alta + baixa qualificação) – (% empregos de média qualificação). O índice é normalizado para comparações entre países e ao longo do tempo.	ILOSTAT, WIOD, OCDE	Captura a retração relativa do emprego intermediário frente aos extremos ocupacionais, mensurando a polarização do mercado de trabalho.
Tecnologia e Automação	% do PIB em P&D	Despesas internas brutas com P&D como % do PIB. Inclui os setores empresarial, governamental, ensino superior e ONGs. Abrange pesquisa básica, aplicada e desenvolvimento experimental.	UNESCO, World Bank, OCDE	Indicador amplamente utilizado para mensurar o esforço tecnológico e o potencial de automação de uma economia.
Mudanças Estruturais	% do emprego na indústria	Proporção da força de trabalho empregada na indústria (manufatura, mineração, construção e serviços públicos). Dados modelados pela OIT com base em estimativas padronizadas.	ILOSTAT, WIOD	Reflete a estrutura produtiva e a intensidade industrial, chave na transformação estrutural do emprego.
Globalização e *Offshoring*	Grau de abertura comercial	Soma das exportações e importações de bens como proporção do PIB (em US$ correntes). Mede o grau de integração da economia ao comércio internacional.	World Bank	Indica exposição à globalização e potencial influência de processos de *offshoring* sobre a estrutura ocupacional.
Educação e Habilidades	% com ensino superior	Porcentagem da população com 25 anos ou mais que completou pelo menos o nível de bacharelado ou equivalente.	UNESCO, ILOSTAT	Mede a qualificação média da força de trabalho, fator crucial para lidar com mudanças tecnológicas e estruturais.
Desigualdade e Segmentação	Índice de Gini	Mede a desigualdade de renda. Um valor de 0 representa perfeita igualdade; 100, desigualdade total. Baseado em pesquisas domiciliares	World Bank, SWIID	Captura a segmentação e assimetrias no mercado de trabalho associadas à distribuição de renda.

		harmonizadas e curvas de Lorenz.		
Controles Macroeconômicos	PIB per capita (US$ correntes)	Produto Interno Bruto dividido pela população média do ano. Inclui valor adicionado por todos os produtores residentes, sem dedução de depreciação ou degradação ambiental.	World Bank	Reflete o nível de desenvolvimento econômico, permitindo comparar economias em diferentes estágios de renda.
Controles Macroeconômicos	Inflação (preços ao consumidor)	Variação percentual anual do índice de preços ao consumidor, com base em uma cesta de bens e serviços adquirida pelo consumidor médio. Em geral, é usada a fórmula de Laspeyres.	World Bank	Indica pressões macroeconômicas que afetam a renda real e o comportamento do mercado de trabalho.

Fonte: Elaborado pela autora.

A variável dependente deste estudo é um índice de polarização do emprego, construído com base na distribuição da força de trabalho por nível de qualificação. O índice captura o crescimento relativo dos empregos situados nos extremos da distribuição ocupacional (alta e baixa qualificação) em detrimento das ocupações intermediárias.

A fórmula de cálculo é:

Índice de Polarização = (% Alta Qualificação + % Baixa Qualificação) − % Média Qualificação[7]

Para garantir comparabilidade entre países e ao longo do tempo, o índice é normalizado[8] segundo a expressão:

Índice Normalizado = (Índice de Polarização − Índice Mínimo) / (Índice Máximo − Índice Mínimo)[9]

Para verificar a robustez dos resultados, foram estimadas especificações alternativas do modelo, variando: (i) o conjunto de instrumentos utilizados, (ii) o período da amostra, e (iii) a inclusão ou exclusão de variáveis específicas. Além disso, estimações alternativas poderão considerar formas

[7] As classificações de qualificação utilizadas neste estudo seguem a padronização da ISCO (International Standard Classification of Occupations), quando disponível, sendo agregadas em três grandes grupos: alta qualificação, média qualificação e baixa qualificação. A categoria de alta qualificação inclui os grupos ocupacionais da ISCO-88 de nível 3 e 4, que abrangem legisladores, altos funcionários e gerentes (grupo 1), profissionais (grupo 2) e técnicos e profissionais de nível médio (grupo 3). A média qualificação corresponde ao nível 2, englobando os grupos 4 a 8, compostos por escriturários; trabalhadores dos serviços e vendedores de lojas e mercados; trabalhadores qualificados da agricultura e pesca; artesãos e operários de ofícios correlatos; bem como operadores de instalações, máquinas e montadores. Já a baixa qualificação refere-se ao nível 1, correspondente ao grupo 9 da ISCO-88, que inclui ocupações elementares e trabalhos manuais pouco especializados. Os dados referentes à distribuição do emprego por nível de qualificação são obtidos principalmente da base ILOSTAT.

[8] A normalização assegura comparabilidade entre países e ao longo do tempo, reduzindo distorções associadas a diferentes escalas de mensuração.

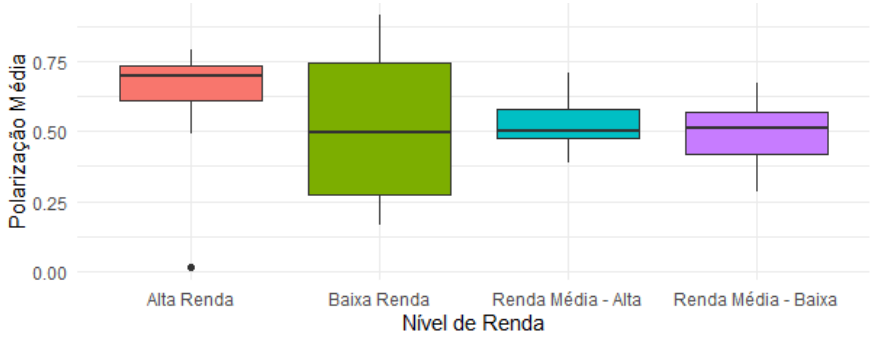
[9] Nessa escala, o valor zero representa o menor grau de polarização observado na amostra, enquanto o valor um corresponde ao maior grau de polarização relativa no conjunto de países e anos analisados.

distintas de mensuração da variável dependente (polarização do trabalho) a fim de mitigar eventuais problemas de especificidade funcional.

Resultados e Discussão

A análise da polarização média do emprego, por país, ao longo do período de 2010 a 2024 evidencia disparidades significativas entre os grupos de países, classificados segundo o nível de renda. A Figura 1 apresenta a distribuição dos valores médios do índice de polarização por grupo de renda.

Figura 1 – Distribuição da polarização média do emprego por grupo de renda (2010–2024)



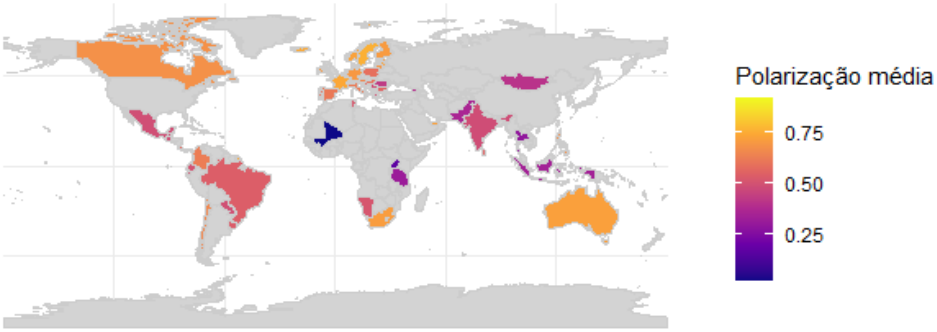
Fonte: Elaborado pela autora.

Nos países de alta renda, a polarização média é elevada e apresenta baixa dispersão interna. Esse padrão indica um estágio avançado de reconfiguração ocupacional, caracterizado pelo declínio de empregos intermediários e pela expansão simultânea de ocupações de alta e baixa qualificação — um formato em "U" já documentado por Goos e Manning (2007) e Acemoglu e Autor (2011). A homogeneidade entre as economias desenvolvidas sugere que fatores como automação intensiva, digitalização de processos e terciarização especializada (ver seção 2.1) têm efeitos amplos e convergentes nesse grupo.

Nos países de renda média-alta e renda média-baixa, a polarização média é menor e mais compacta, o que indica um processo mais gradual e heterogêneo. Esses resultados dialogam com Martins-Neto et al. (2023), que apontam que, nessas economias, a difusão tecnológica e as mudanças estruturais ainda não provocaram uma reconfiguração ocupacional tão intensa. Elementos como especialização produtiva, estágio de industrialização e capacidade de absorção tecnológica (ver seção 2.2) ajudam a explicar essas diferenças.

Nos países de baixa renda, observa-se maior variabilidade interna: alguns apresentam sinais iniciais de polarização, frequentemente ligados à expansão de serviços de baixa qualificação; outros mantêm estruturas pouco segmentadas, marcadas por alta informalidade e predominância de empregos agrícolas — um cenário coerente com as análises de Tokman (2007) sobre a influência da segmentação e da proteção social limitada (ver seção 2.5).

Figura 2 – Mapa mundial da polarização média do emprego (2010–2024)



Fonte: Elaborado pela autora.

Nota-se a concentração de países com alta polarização no Hemisfério Norte (Europa Ocidental, América do Norte, Oceania) e predominância de baixa polarização em África Subsaariana, Ásia Meridional e parte da América Latina, confirmando que a intensidade do fenômeno está associada ao grau de desenvolvimento econômico, estrutura produtiva e instituições laborais (seções 2.2 e 2.3).

Complementarmente, a Tabela 1 apresenta os resultados das estimações do modelo System GMM (one-step), considerando como variável dependente o logaritmo do índice de polarização do mercado de trabalho (pol_log). Foram testadas cinco especificações progressivas, que diferem pela inclusão de variáveis de controle em logaritmo – PIB per capita (pib_log) e inflação (inflacao_log). Todas as estimativas incluem a defasagem da variável dependente, além dos principais determinantes identificados na literatura: tecnologia, indústria, globalização, educação e desigualdade.

Tabela 2 – Estimações do modelo System GMM (one-step) para a polarização do emprego (2010-2024)

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
L.pol_log	0.970***	0.973***	0.991***	0.991***	0.991***
Tecnologia	0.00229	0.00098	-0.00076	-0.00076	-0.00076
Indústria	-0.00092***	-0.00093***	-0.00093***	-0.00093***	-0.00093***

globalizacao	-0.00008	-0.00009 .	-0.00006 .	-0.00006 .	-0.00006 .
Educação	0.00057**	0.00054**	0.00050**	0.00050**	0.00050**
desigualdade	-0.00055	-0.00068	-0.00036	-0.00036	-0.00036
pib_log		0.00090	0.00098	0.00098	0.00098
pib_log²			-0.11618	-0.11189	-0.11189
inflacao_log				-0.00225	-0.00225
Sargan (p-valor)	0.088	0.023	0.032	0.032	0.032
AR(1)	0.014	0.015	0.012	0.012	0.012
AR(2)	0.286	0.291	0.283	0.283	0.283

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

A variável defasada (lag(pol_log, 1)) é estatisticamente significativa em todas as especificações, com coeficientes elevados entre 0,97 e 0,99. Isso indica uma elevada persistência da polarização no tempo, refletindo rigidez na estrutura ocupacional dos países analisados. O resultado é compatível com a literatura sobre dinâmicas de longo prazo do mercado de trabalho, nas quais mudanças estruturais tendem a ocorrer de forma lenta e acumulativa, em linha com McMillan, Rodrik e Verduzco-Gallo (2014).

A variável tecnologia não apresentou significância estatística em nenhuma das especificações. Embora o sinal do coeficiente varie discretamente entre os modelos, a ausência de significância sugere que, no agregado e no curto prazo, o efeito direto da adoção tecnológica sobre a polarização do emprego é limitado ou depende de mediações institucionais e estruturais, como a capacidade de adaptação da força de trabalho, a composição setorial e o arcabouço institucional — aspectos já apontados por Das e Hilgenstock (2021). Tal evidência reforça a hipótese, também prevista na literatura, de que os efeitos da automação podem estar associados a defasagens temporais maiores, tornando seu impacto mais visível em estágios posteriores de transformação estrutural.

Os coeficientes da variável indústria foram negativos e estatisticamente significativos em todas as especificações, indicando que a redução da participação industrial no valor adicionado está associada a níveis mais elevados de polarização. Esse resultado corrobora a tese de que a desindustrialização elimina postos de trabalho de média qualificação, reforçando o padrão em "U" da estrutura ocupacional, conforme apontado por Berman, Bound e Machin (1998) e retomado por Albertini et al. (2024). Como discutido na seção 2.2, a transição do emprego da indústria para serviços — especialmente os de baixa qualificação ou altamente especializados — tende a deslocar trabalhadores intermediários e alterar a composição setorial, com impactos significativos sobre a polarização.

A variável globalização apresentou coeficiente negativo em todos os modelos e atingiu significância marginal em algumas especificações ($p < 0,10$). Esse resultado sugere que maior

exposição ao comércio internacional pode aprofundar a polarização, especialmente por meio de processos de *offshoring* que deslocam empregos intermediários para economias de menor custo. Essa interpretação está em linha com a literatura apresentada na seção 2.3, incluindo Feenstra e Hanson (1996) e Autor, Dorn e Hanson (2013), que documentam os efeitos assimétricos da globalização sobre diferentes segmentos da força de trabalho, bem como com evidências mais recentes que mostram a interação entre integração global e automação no agravamento da segmentação ocupacional.

A variável educação apresentou coeficiente positivo e significância estatística na maioria das especificações, sugerindo que o aumento da qualificação média da força de trabalho atua como fator mitigador da polarização. Esse resultado reforça a perspectiva de Goldin e Katz (2009) e Hanushek e Woessmann (2015), segundo a qual maior escolaridade — combinada com competências técnicas e digitais específicas — amplia a capacidade de adaptação às mudanças tecnológicas e estruturais, reduzindo a vulnerabilidade dos trabalhadores à substituição em ocupações intermediárias.

Apesar de apresentar sinal negativo, a variável desigualdade não alcançou significância estatística nos modelos agregados. Esse resultado pode estar relacionado à baixa variação temporal e à dificuldade de captar seus efeitos indiretos sobre a estrutura ocupacional. Estudos como os de Dabla-Norris et al. (2023) mostram que a interação entre desigualdade pré-existente e polarização depende do grau de segmentação do mercado de trabalho e da cobertura de proteção social, o que sugere que, em alguns contextos, a desigualdade pode amplificar a polarização, enquanto em outros seu efeito é limitado ou mascarado por outros determinantes estruturais.

As variáveis pib_log, pib_log² e inflacao_log foram incluídas como controles macroeconômicos nos modelos 3 a 5. Os resultados indicam um formato em "U" invertido para o PIB per capita: o coeficiente linear (pib_log) foi positivo, enquanto o termo quadrático (pib_log²) apresentou sinal negativo, sugerindo que, a partir de determinado nível de renda, a polarização tende a se reduzir. Já a inflação manteve sinal negativo, em linha com a literatura, ainda que sem significância robusta. Esses resultados reforçam que, no período analisado, os determinantes estruturais da polarização tiveram peso mais relevante do que os condicionantes macroeconômicos conjunturais.

Todos os modelos apresentaram estatísticas adequadas de validade dos instrumentos (teste de Sargan com p-valores acima de 0,03) e ausência de autocorrelação de segunda ordem (teste AR(2) com p-valores superiores a 0,28). Esses resultados atestam a consistência das estimativas e a adequação da estratégia de identificação adotada com defasagens como instrumentos, conforme a abordagem Arellano-Bover/Blundell-Bond.

Com o objetivo de avaliar a robustez dos resultados, procedeu-se à estimação do modelo System GMM separadamente para os grupos de países de alta renda e renda média-alta. Para os grupos de renda média-baixa e baixa renda, a análise não pôde ser conduzida devido à insuficiência de dados, o que era esperado diante da baixa cobertura temporal e do reduzido número de países no painel.

A Tabela 2 apresenta o resumo dos resultados. Em ambos os grupos analisados, a variável defasada da polarização (L.pol_log) manteve-se positiva e estatisticamente significativa, confirmando a persistência temporal do fenômeno — coerente com o que McMillan, Rodrik e Verduzco-Gallo (2014) destacam sobre a natureza lenta e cumulativa das mudanças estruturais no mercado de trabalho.

Tabela 3 – Modelo System GMM (one-step) por grupos de renda (2010–2024)

(a) Países de Alta Renda

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
L.pol_log	0.83074 ***	0.81472 ***	0.74484 ***	0.73074 ***	0.73074 ***
tecnologia	0.00554	0.00440	0.00642	0.00630	0.00630
industria	−0.00047	−0.00043	−0.00044	−0.00034	−0.00034
globalizacao	−0.00010 *	−0.00011 *	−0.00010	−0.00009	−0.00009
educacao	0.00102 .	0.00105 *	0.00122 *	0.00122 **	0.00122 **
desigualdade	−0.00273	−0.00343 .	−0.00363 *	−0.00373 .	−0.00373 .
pib_log		0.00076	0.00082	0.00098	0.00098
pib_log²			−0.00902	−0.01151	−0.01151
inflacao_log				−0.00320	−0.00320
Sargan (p-valor)	0.109	0.154	0.132	0.173	0.173
AR(1)	0.337	0.329	0.326	0.315	0.315
AR(2)	0.994	1.000	0.980	0.946	0.946

(b) Países de Renda Média-Alta

Variável	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
L.pol_log	0.72341 ***	0.96437 ***	0.94373 ***	0.91979 ***	0.91979 ***
tecnologia	0.00326	0.01824	0.01596	0.01410	0.01410
industria	0.00018	−0.00057	−0.00065	−0.00062	−0.00062
globalizacao	−0.00071	0.00002	0.00014	0.00022	0.00022
educacao	0.00130	0.00001	−0.00006	−0.00021	−0.00021
desigualdade	−0.00329 .	0.00018	0.00108	0.00170	0.00170
pib_log		0.00283	0.00352	0.00410	0.00410
pib_log²			−0.03620	−0.05169	−0.05169
inflacao_log				−0.00840 *	−0.00840 *
Sargan (p-valor)	0.270	0.151	0.213	0.285	0.285
AR(1)	0.707	0.649	0.713	0.732	0.732
AR(2)	0.704	0.606	0.583	0.603	0.603

Notas: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Fonte: Elaborado pela autora.

No grupo de países de alta renda, a defasagem da variável dependente (L.pol_log) se manteve positiva e altamente significativa em todos os modelos (coeficientes entre 0.73 e 0.83), confirmando a forte persistência temporal da polarização, em linha com a literatura que descreve o fenômeno como estrutural e duradouro (Autor, 2015; Goos, Manning e Salomons, 2014).

Nos Modelos 1 e 2, destacam-se dois resultados adicionais. A educação apresentou coeficientes positivos e significativos, indicando que o avanço do nível educacional médio tem reforçado a expansão de ocupações de alta qualificação. Esse resultado dialoga com Goldin e Katz (2009) e Tan (2024), que ressaltam como a difusão tecnológica favorece trabalhadores com competências cognitivas complexas, elevando a demanda relativa por profissionais altamente qualificados, mesmo que isso amplie a dispersão salarial e, portanto, a polarização. Em contrapartida, a desigualdade apresentou coeficientes negativos e significativos em alguns modelos, sugerindo que mercados menos desiguais reduzem a pressão sobre o crescimento de empregos de baixa qualificação quando ocupações intermediárias se retraem. Essa interpretação é consistente com Dabla-Norris et al. (2023), que destacam o papel moderador de instituições inclusivas na contenção da segmentação ocupacional.

A partir dos Modelos 3 e 4, a inclusão do PIB per capita e de seu termo quadrático revelou uma relação não linear, com coeficiente linear positivo e quadrático negativo. Esse padrão sugere que a polarização pode seguir um formato em 'U' invertido ao longo do processo de desenvolvimento, hipótese compatível com a literatura sobre a interação entre crescimento econômico e mudanças na estrutura ocupacional (Acemoglu e Autor, 2011). Já a inflação, introduzida no Modelo 5, apresentou sinal negativo, embora sem significância, sugerindo que choques conjunturais de preços não foram determinantes relevantes da polarização nesse grupo.

No grupo de países de renda média-alta, a defasagem da dependente também apresentou coeficientes positivos e altamente significativos em todos os modelos (0.72 a 0.96), confirmando a persistência do fenômeno. Contudo, as demais variáveis não alcançaram significância estatística robusta. A tecnologia apresentou coeficientes positivos em todos os modelos (0.00326 a 0.01824), próximos ao limiar de significância, sugerindo um papel potencialmente relevante. Esse resultado está em consonância com hipóteses de que, em países em transição estrutural, os efeitos da automação e da digitalização ainda não se difundiram plenamente (Rodrik, 2016; Maloney e Molina, 2019).

Nos Modelos 3 e 4, a inclusão do PIB per capita e de seu termo quadrático também revelou uma relação não linear, com coeficiente linear positivo e quadrático negativo, ainda que sem significância estatística. Esse padrão sugere um formato em 'U' invertido, mas mais incipiente, o que pode decorrer da heterogeneidade estrutural das economias de renda média-alta, marcada por diferentes velocidades de industrialização, inserção nas cadeias globais de valor e níveis de informalidade. A inflação, no Modelo 5, apresentou coeficiente negativo e significativo (–0.0084), sugerindo que choques de preços podem exercer um efeito contracíclico sobre a polarização, hipótese ainda pouco explorada na literatura.

De forma geral, a evolução entre os modelos mostra que, nas economias avançadas, variáveis estruturais como educação e desigualdade desempenham papéis centrais e persistentes, ainda que em

direções opostas, enquanto nas economias de renda média-alta os resultados são mais instáveis e menos robustos. Esse contraste reforça a importância de considerar a heterogeneidade institucional e estrutural dos países: em estágios avançados de desenvolvimento, a educação pode intensificar a polarização e a desigualdade pode atenuá-la; já em estágios intermediários, a dinâmica da polarização parece depender de fatores em consolidação, como a difusão tecnológica e a estabilidade macroeconômica.

Do ponto de vista dos testes de especificação, os resultados apresentados na Tabela 2 confirmam a adequação dos modelos estimados. O teste de Sargan não rejeitou a hipótese nula de validade dos instrumentos em nenhum dos grupos de renda, com p-valores sempre acima do limiar de 5%. Ademais, os testes de autocorrelação de Arellano-Bond indicaram a presença de autocorrelação de primeira ordem [AR(1)], resultado esperado em modelos dinâmicos em diferenças, e a ausência de autocorrelação de segunda ordem [AR(2)], condição necessária para a consistência do estimador System GMM. Dessa forma, os diagnósticos econométricos atestam a robustez das especificações utilizadas e reforçam a confiabilidade das inferências realizadas a partir dos coeficientes estimados.

A análise adicional[10], por meio do modelo Threshold GMM permitiu explorar a heterogeneidade dos determinantes da polarização não apenas por nível de renda, mas também pelo estágio de polarização dos países. Ao dividir a amostra segundo a mediana da variável dependente (pol_log), observou-se que tecnologia e globalização apresentaram efeitos negativos e estatisticamente significativos apenas no grupo de países já caracterizados por alta polarização, enquanto permaneceram não significativos no grupo com baixa polarização.

Essa evidência deve ser interpretada como condicional ao estágio de polarização: não significa que tecnologia ou globalização sejam irrelevantes em economias menos polarizadas, mas sim que seus impactos só se tornam estatisticamente detectáveis quando a estrutura ocupacional já apresenta retração das ocupações intermediárias e expansão dos extremos. Nesse sentido, a tecnologia, que não foi significativa no modelo agregado, aparece como determinante central apenas nos países já avançados nesse processo, sugerindo que seus efeitos são defasados e cumulativos. Esse resultado converge com Autor, Levy e Murnane (2003) e Holm, Lorenz e Nielsen (2020), que enfatizam a substituição de tarefas rotineiras e os efeitos organizacionais internos da automação.

O mesmo se observa para a globalização, cujo impacto negativo só se manifesta nos países mais polarizados. Isso é compatível com a literatura de Feenstra e Hanson (1996) e Autor, Dorn e Hanson (2013), segundo a qual o offshoring e a concorrência internacional deslocam empregos intermediários sobretudo em economias já segmentadas, reforçando a reconfiguração ocupacional.

De forma geral, os resultados threshold reforçam que o estágio de polarização é mais determinante do que o nível de renda para explicar a sensibilidade dos países a choques tecnológicos e globais. Enquanto países em baixa polarização ainda não apresentam efeitos significativos, países já polarizados respondem de forma mais intensa, o que sugere um processo cumulativo de aprofundamento da polarização.

Do ponto de vista de política pública, esse resultado indica que a mitigação deve ser calibrada segundo o grau de polarização existente. Em países ainda em estágios iniciais, políticas de diversificação produtiva e fortalecimento da capacidade de absorção tecnológica podem atuar de forma preventiva. Em países já altamente polarizados, torna-se necessário adotar medidas corretivas, como políticas redistributivas, programas de requalificação contínua e estratégias de inovação inclusiva que reduzam os efeitos assimétricos da automação e da globalização.

5. Conclusão

Este estudo investigou os determinantes da polarização do mercado de trabalho a partir de um painel de 69 países entre 2010 e 2024, com base nos cinco grupos de fatores identificados no Ensaio 1 desta tese: tecnologia e automação; mudanças estruturais e setoriais; globalização e offshoring; educação e habilidades; e desigualdade e segmentação do mercado de trabalho. Para lidar com problemas de endogeneidade, heterogeneidade não observada e autocorrelação serial, utilizou-se o estimador System GMM, cuja consistência foi confirmada pelos testes de Sargan e Arellano-Bond.

Os resultados indicaram forte persistência temporal da polarização, evidenciada pelos coeficientes elevados e significativos da variável dependente defasada, o que sugere rigidez na estrutura ocupacional e lentidão no ajuste intersetorial. Entre os determinantes estruturais, três evidências se destacam: (i) o efeito negativo da indústria, estatisticamente robusto em todas as especificações, confirmando que a retração do emprego industrial intensifica o formato em "U" da distribuição ocupacional, como discutido por Berman, Bound e Machin (1998); (ii) a associação marginal entre globalização e aumento da polarização, em linha com a literatura sobre offshoring e integração comercial (Feenstra e Hanson, 1996; Autor, Dorn e Hanson, 2013); e (iii) o efeito positivo da educação no agregado, sugerindo que maior qualificação média da força de trabalho pode reduzir a vulnerabilidade das ocupações intermediárias, em consonância com Goldin e Katz (2009) e Hanushek e Woessmann (2015). Já tecnologia e desigualdade não apresentaram significância estatística no agregado, possivelmente em função de defasagens temporais ou da heterogeneidade entre países.

A análise por grupos de renda revelou nuances importantes. Nos países de alta renda, educação e desigualdade emergiram como variáveis-chave, mas com efeitos opostos: enquanto a educação

esteve associada ao aumento da polarização, possivelmente pela maior concentração em ocupações de alta qualificação, a desigualdade exerceu efeito redutor, sugerindo que mercados mais inclusivos atenuam a migração de trabalhadores para postos de baixa produtividade (Dabla-Norris et al., 2023). Esses resultados contrastam com o modelo agregado, no qual a educação havia atuado como fator de mitigação da polarização, indicando um duplo papel: em estágios menos avançados, maior qualificação média reduz a vulnerabilidade das ocupações intermediárias; em estágios mais avançados, pode intensificar a polarização ao reforçar a demanda por ocupações de alta qualificação. De forma semelhante, a desigualdade mostrou-se estatisticamente irrelevante no agregado, mas reduziu a polarização nas economias desenvolvidas, reforçando que seus efeitos são fortemente contextuais e dependentes das instituições e da estrutura distributiva de cada país. Nos países de renda média-alta, por outro lado, apenas a persistência da variável dependente se manteve significativa, revelando que, nesse estágio de desenvolvimento, a influência dos determinantes clássicos é condicionada por estruturas produtivas e institucionais mais heterogêneas.

A análise adicional por nível de polarização (Threshold GMM) reforçou essa interpretação ao mostrar que tecnologia e globalização apresentaram efeitos negativos e significativos apenas nos países já caracterizados por alta polarização, enquanto permaneceram não significativos nos demais. Essa evidência deve ser entendida como condicional: não significa que esses fatores sejam irrelevantes em economias menos polarizadas, mas sim que seus efeitos só se tornam estatisticamente detectáveis quando a estrutura ocupacional já passou por reconfiguração substantiva. Esse resultado corrobora a hipótese de que o estágio de polarização é mais determinante que o nível de renda para explicar a sensibilidade dos mercados de trabalho a choques tecnológicos e de integração global (Feenstra e Hanson, 1996; Holm, Lorenz e Nielsen, 2020).

Do ponto de vista teórico, os achados reforçam a importância de uma abordagem multifatorial na análise da polarização, que considere simultaneamente tecnologia, globalização, mudanças estruturais, desigualdade e educação, evitando explicações reducionistas centradas em um único fator. Do ponto de vista de política pública, os resultados sugerem a necessidade de estratégias adaptadas ao estágio de polarização de cada país: em economias ainda em fase inicial, medidas preventivas de diversificação produtiva e fortalecimento da capacidade de absorção tecnológica são prioritárias; em países já altamente polarizados, são indispensáveis políticas redistributivas, programas de requalificação contínua e incentivos à inovação inclusiva, capazes de reduzir os efeitos assimétricos da automação e da integração global.

Por fim, como agenda de pesquisa, recomenda-se a exploração de defasagens temporais mais longas para captar os efeitos acumulados da automação, a incorporação de variáveis institucionais e de qualidade do emprego, bem como a análise de interações entre determinantes, como a complementaridade entre globalização e tecnologia. Estudos em nível setorial ou microeconômico

também poderão oferecer evidências mais granulares sobre os mecanismos de transmissão da polarização, contribuindo para a formulação de políticas mais direcionadas e eficazes

Bibliografia

ACEMOGLU, Daron; AUTOR, David. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. **Handbook of Labor Economics**, [*s. l.*], v. 4, n. Part B, p. 1043–1171, 2011. Disponível em: https://economics.mit.edu/sites/default/files/publications/Skills%2C%20Tasks%20and%20Technologies%20-%20Implications%20for%20.pdf.

ALBERTINI; LANGOT; SOPRASEUTH. A TALE OF TWO COUNTRIES. **Annals of Economics and Statistics**, [*s. l.*], n. 154, p. 77, 2024.

ARELLANO, Manuel; BOVER, Olympia. **Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models**. *Journal of Econometrics*, v. 68, n. 1, p. 29–51, 1995.

AUTOR, David H.; LEVY, Frank; MURNANE, Richard J. **The Skill Content of Recent Technological Change:** An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 118, n. 4, p. 1279–1333, 2003.

AUTOR, David H; DORN, David; HANSON, Gordon H. The China Syndrome: Local Labor Market Effects of Import Competition in the United States. **American Economic Review**, [*s. l.*], v. 103, n. 6, p. 2121–2168, 2013. Disponível em: https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.103.6.2121.

AUTOR, David H; KATZ, Lawrence F; KEARNEY, Melissa S. The Polarization of the U.S. Labor Market. **American Economic Review**, [*s. l.*], v. 96, n. 2, p. 189–194, 2006.
BERMAN, Eli; BOUND, John; MACHIN, Stephen. Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence*. **The Quarterly Journal of Economics**, [*s. l.*], v. 113, n. 4, p. 1245–1279, 1998. Disponível em: https://academic.oup.com/qje/article/113/4/1245/1917027?login=true.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. **Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models**. *Journal of Econometrics*, v. 87, n. 1, p. 115–143, 1998.

BONNEUIL, Noël; KIM, Younga. Precarious employment among South Korean women: Is inequality changing with time? **The Economic and Labour Relations Review**, [*s. l.*], v. 28, n. 1, p. 20–40, 2017. Disponível em: Acesso em: 29 nov. 2019.

CAVENAILE, Laurent. Offshoring, computerization, labor market polarization and top income inequality. **Journal of Macroeconomics**, [*s. l.*], v. 69, p. 103317, 2021.

DABLA-NORRIS, Era; PIZZINELLI, Carlo; RAPPAPORT, Jay. Job Polarization and the Declining Wages of Young Female Workers in the United Kingdom*. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, [*s. l.*], v. 85, n. 6, p. 1185–1210, 2023. Disponível em: Acesso em: 29 maio 2025.

DAS, Mitali; HILGENSTOCK, Benjamin. The Exposure to Routinization: Labor Market Implications for Developed and Developing Economies. **Structural Change and Economic Dynamics**, [*s. l.*], 2021.

DRINKWATER, Stephen. Brexit and the "left behind": Job polarization and the rise in support for leaving the European Union. **Industrial Relations Journal**, [*s. l.*], v. 52, n. 6, p. 569–588, 2021.

DUAN, Min *et al.* Skill sets and wage premium: A network analysis based on Chinese agriculture online job offers. **Technological Forecasting and Social Change**, [*s. l.*], v. 201, p. 123260–123260, 2024. Disponível em: Acesso em: 4 mar. 2024.

DWECK, Esther *et al.* Labor Market, Distributive Gains and Cumulative Causation: Insights from the Brazilian Economy. **Review of Political Economy**, [*s. l.*], p. 1–26, 2022.

FEENSTRA, Robert C.; HANSON, Gordon H. Foreign **Investment, Outsourcing and Relative Wages.** *The Quarterly Journal of Economics*, v. 111, n. 1, p. 235–256, 1996.

FEENSTRA, Robert C; HANSON, Gordon H. Foreign Investment, Outsourcing and Relative Wages. **Social Science Research Network**, [*s. l.*], 1996.

FIELDS, Gary. **Social Protection Discussion Paper Series A Guide to Multisector Labor Market Models**. [*S. l.: s. n.*], 2005. Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/en/885211468350159689/pdf/325470PAPER0Mu1r0labor0mkts0SP00505.pdf.

GAROFALO, Antonio *et al.* Skills and labour incomes: how unequal is Italy as part of the Southern European countries? **Quality & Quantity**, [*s. l.*], v. 52, n. 4, p. 1471–1500, 2017. Disponível em: Acesso em: 14 jan. 2022.

GOLDIN, CLAUDIA; KATZ, LAWRENCE F. The Race between Education and Technology. **The Race between Education and Technology**, [*s. l.*], 2009.

GOLDSMITH, Arthur H.; CASEY, James F. The fourth industrial revolution and the future of work: Reasons to worry and policies to consider. **Southern Economic Journal**, [*s. l.*], 2024. Disponível em: Acesso em: 29 out. 2024.

GOOS, Maarten; MANNING, Alan. Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. **Review of Economics and Statistics**, [*s. l.*], v. 89, n. 1, p. 118–133, 2007.

HANUSHEK, Eric A; LUDGER WOESSMANN. **The Knowledge Capital of Nations**. [*S. l.*]: The MIT Press, 2015.

HEYMAN, Fredrik; SJÖHOLM, Fredrik. Globalization, Job Tasks and the Demand for Different Occupations. **Travail et emploi**, [*s. l.*], n. 157, p. 67–92, 2019.

HOLM, Jacob Rubæk; LORENZ, Edward; NIELSEN, Peter. Work organization and job polarization. **Research Policy**, [*s. l.*], v. 49, n. 8, p. 104015, 2020. Disponível em: Acesso em: 23 fev. 2021.

MANDELMAN, Federico S.; ZLATE, Andrei. Offshoring, Automation, Low-Skilled Immigration, and Labor Market Polarization. **American Economic Journal: Macroeconomics**, [*s. l.*], v. 14, n. 1, p. 355–389, 2022.

MARTINS-NETO, Antonio *et al.* Is There Job Polarization in Developing Economies? A Review and Outlook. **World Bank Research Observer**, [*s. l.*], 2023.

MCMILLAN, Margaret; RODRIK, Dani; VERDUZCO-GALLO, Íñigo. Globalization, Structural Change, and Productivity Growth, with an Update on Africa. **World Development**, [*s. l.*], v. 63, n. 63, p. 11–32, 2014.

NÁPLAVA, Radek. Structural Changes of the Labour Market in the Czech Republic in Terms of Skills: Is There Any Job Polarization? **DANUBE**, [*s. l.*], v. 15, n. 2, p. 119–135, 2024. Disponível em: Acesso em: 23 nov. 2024.

NGOC NGO, Christine *et al.* The Future of Work: Conceptual Considerations and a New Analytical Approach for the Political Economy. **Review of Political Economy**, [*s. l.*], p. 1–31, 2021.

ROODMAN, David. **How to Do xtabond2**: An Introduction to "Difference" and "System" GMM in Stata. *Stata Journal*, v. 9, n. 1, p. 86–136, 2009.

TAN, Joanne. Multidimensional heterogeneity and matching in a frictional labor market — An application to polarization. **Labour Economics**, [*s. l.*], v. 90, p. 102604, 2024. Disponível em: Acesso em: 11 nov. 2024.

TOKMAN, Víctor E. The informal economy, insecurity and social cohesion in Latin America. **International Labour Review**, [*s. l.*], v. 146, n. 1-2, p. 81–107, 2007.

XUE, Mei *et al.* Is College Education Less Necessary with AI? Evidence from Firm-Level Labor Structure Changes. **Journal of Management Information Systems**, [*s. l.*], v. 39, n. 3, p. 865–905, 2022. Disponível em: https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=b88c50dd-e9c4-44d6-9e9e-cd7b7e4b49fb%40redis&bdata=JkF1dGhUeXBlPWlwLHNzbyZzaXRlPWVkcy1saXZlJnNjb3BlPXNpdGU%3d#AN=158790589&db=aps.

YEO, Yeongjun; JUNG, Sungmoon. Assessing the economy-wide impacts of digital transformation in the Korean economy: A social accounting matrix multiplier approach. **Telecommunications Policy**, [*s. l.*], v. 48, n. 10, p. 102871, 2024. Disponível em: Acesso em: 25 nov. 2024.